

MEDICAL & ENGINEERING

フロンティア医工学センター
Center for Frontier Medical Engineering

工学部 総合工学科 医工学コース
Department of Medical Engineering,
Faculty of Engineering

大学院融合理工学府
基幹工学専攻 医工学コース
Department of Medical Engineering,
Graduate School of Science and Engineering



CHIBA UNIVERSITY



01 ごあいさつ

Message from the Director



フロンティア医工学センターは、平成15年に医学・工学の枠を超えた医工学の研究機関として設立され、高精度な診断・治療の実現する機器を社会に送り出すことを目指して研究開発を積み重ねてまいりました。平成22年には研究資源を集中するために研究プロジェクト制を導入し、平成25年には工学研究科メディカルシステムコース教員全員のセンターへの移籍という2回の制度改革を行い、専任教員を19名に拡充して研究教育体制の強化を図りました。このような改革が実を結び、平成25年度には「低侵襲治療技術プロジェクト」が文部科学省の特別経費(プロジェクト分)に採択され、平成27年度には「高度医用画像プロジェクト」が主軸となる「マルチモーダル計測医工学」が千葉大学の戦略的重点研究強化プログラムに採択されました。また隣接する千葉大学サイエンスパークセンター内には生命科学実験関連設備やX線CT撮影装置、オープン型MRI装置が設置されていますので、若い研究者や学生とともに研究・開発・教育を一体となって進めることができるようになりました。本センターではこれまでに学内外のみならず、国際的に多くの研究機関や企業の研究者と共に研究を進め、医用内視鏡や超音波診断装置に搭載される画像処理法、がん温熱治療用アンテナ、腹腔鏡手術練習用持針器など、医療用機器やシステムの技術移転と製品化を行ってきました。今後更にセンター内に蓄積された研究シーズの製品化に向けての動きを加速するとともに、国際的医工学研究拠点として機能する時期に入ったと考えております。

激変する医療環境に対応して、医療に貢献する研究成果を早く世に出すために、本センター研究者・スタッフが丸となって努力を続けておりますので、今後ともよろしくご指導、ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。

Center for Frontier Medical Engineering (CFME) was established in 2003 to promote research projects that would contribute to innovation of medical practice through technologies of modern medical engineering. During the last 13 years, the Center experienced two reorganizations to strengthen our research and education foundation: Introduction of Research Project in 2010, and merge of all the staffs of Department of Medical System Engineering into CFME to comprise 19 full-time staff members in 2013. After these reorganizations, one of pivotal projects successfully won special budget of Japanese Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology in 2013. Another project, Multimodal Medical Engineering, was selected as “strategic priority research promotion program” in 2015. Adjacent to our center, Science Park Center offers excellent experiment environment where CT, MRI and operating theatre are ready. Utilizing this rich environment for promoting research projects, our staff members, together with students in Department of Medical System Engineering have been pursuing cutting-edge medical engineering technologies.

CFME has been promoting collaboration projects with various departments, institutions and industries at home and abroad. As a result, we have accomplished technical transfers and have succeeded in putting several medical systems or devices into practical use such as image processing modalities equipped to endoscope or ultrasonography, microwave antenna for thermotherapy, needle folder for training laparoscopic surgery, etc. We will further accelerate our research projects for the practical application of our research seeds. In addition, we will strive to function as a world-class research hub in this field. Our mission lies in contributing to medicine by advancing our research projects beneficial to both patients and clinicians. We also welcome researchers around the world who can share the passion to bring about innovation to medical engineering.



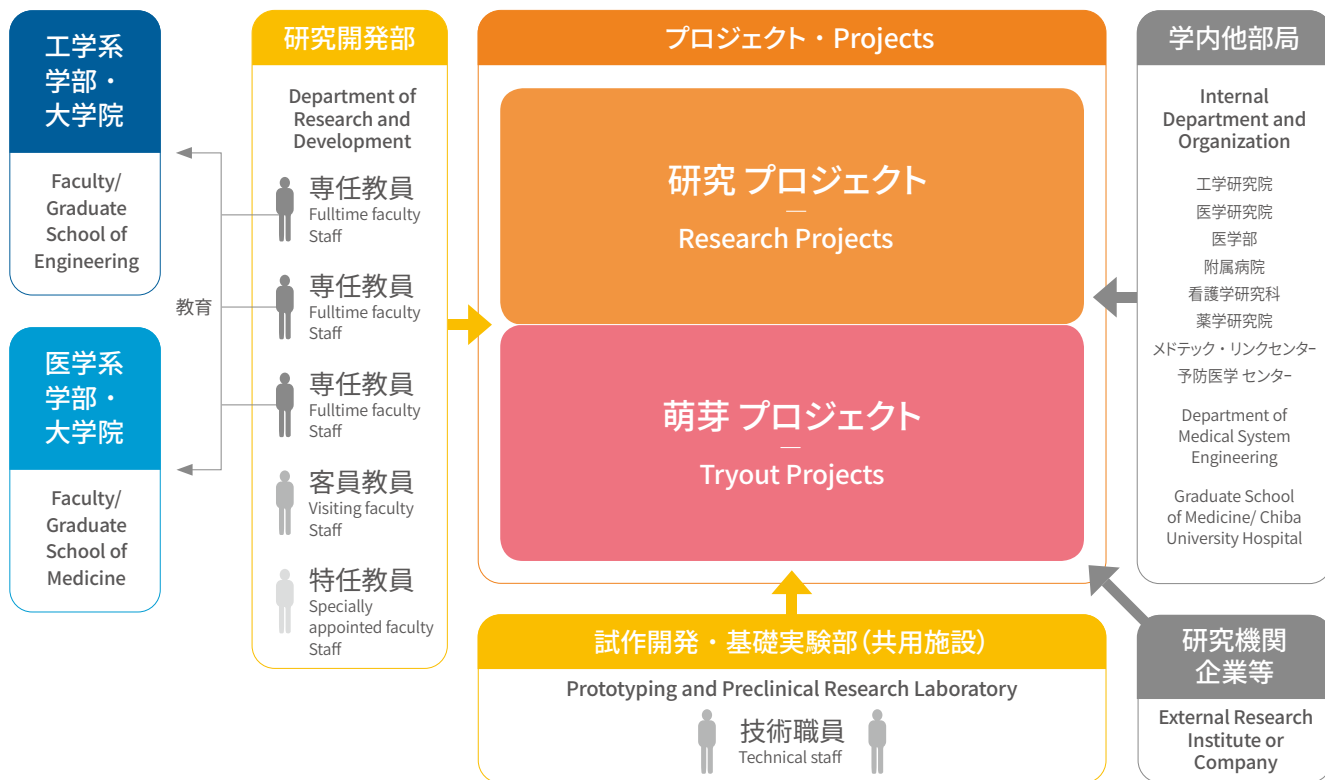
フロンティア医工学センター長 羽石 秀昭
Hideaki Haneishi
Director

02 組織図

Organization



フロンティア医工学センター Center for Frontier Medical Engineering



フロンティア医工学センターは、研究開発部と試作開発・基礎実験部から構成されます。研究開発部は、教員が所属する部であり、専任の教員や客員教員、特任教員が、部門や分野を構成することなく、フラットに所属しています。試作開発・基礎実験部では、プロジェクトで考案された手法やアイデアを試作開発するとともに、臨床試験に先立つ各種の基礎実験を実施します。センターでは外部資金と連携した多数の研究プロジェクトと、次世代の医工学を担う萌芽プロジェクトを並行して推進しています。なお、センターの教員は、工学系および医学系の学部・大学院に対して、講義や卒業研究指導などの教育も担当しています。

The Center for Frontier Medical Engineering consists of the Department of Research and Development and the Prototyping and Preclinical Research Laboratory. The Department of Research and Development is a university department with affiliated faculty, to which all faculty staff members including full-time, visiting, and specially appointed faculty members belong without divided into divisions or sections. The Prototyping and Preclinical Research Laboratory develops prototypes for the methods and ideas devised in each project, as well as performing the various basic research projects that precede clinical trials. Our Center keeps two types of project running in parallel: research projects supported by outside investment funds, and tryout research projects to lay the foundations for next-generation medical engineering. The Center's faculty staff members are also engaged in education, including lectures and supervision of graduation research for undergraduate and graduate students.

03 教育理念

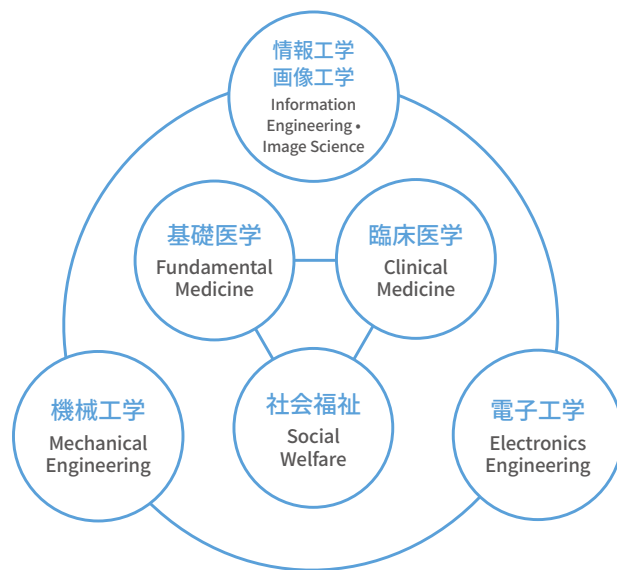
Educational Philosophy



少子高齢化社会を迎えた我が国では、予防・診断・治療・機能回復など、すべての医療・健康福祉にかかわる科学技術の役割が極めて大きくなっています。そこで「医工連携」、つまり医療に関する広範な知識と実践力を有する工学技術者と、科学技術に精通した医療従事者が密に連携して、新しい医療の展開・発展を図ることが、いま、広く社会から求められています。大学院医工学コース・工学部医工学コースはこのようなニーズに応えるための医工連携教育を実践する組織として国内でもいち早く設立されました。基礎・専門学力を育み、工学にとどまらない幅広い視野、柔軟な価値観、国際性を有した人材を育成します。

本医工学コースはフロンティア医工学センターの教員を中心に、工学部・医学部と連携して機械工学、電気電子工学、情報・画像工学などの工学的基礎学力と、医学的基礎知識を得ることを重視し、医療機器産業に限らず広い分野で活躍できる人材の輩出を目指しています。

Today's rapidly shrinking and graying population in Japan has caused a significant increase in the role of science and technology related to all sectors of medicine and healthcare, including preventive care, diagnosis, treatment and recovery of functions. Today, new medical developments forged through "medical engineering cooperation" have been strongly expected; in other words, close collaboration between engineers who possess a broad range of medical knowledge and practical skills and healthcare professionals who are well-versed in science and technology. To address this pursuit, the Department of Medical Engineering at Chiba University, the first of its kind in Japan, was founded to provide joint medical engineering education. Our department fosters globally competent specialists with a wide array of knowledge and a broader perspective. Through cooperation with the Faculty of Engineering, the School of Medicine, the School of Nursing, the Faculty of Pharmaceutical and the Center for Frontier Medical Engineering, the Department of Medical Engineering and its programs focus on achieving basic academic skills in engineering. Students can study mechanical engineering, electrical and electronic engineering, information and imaging engineering and the basics of medicine. Our education programs are devoted to creating highly competent graduates who can play active roles in not only medical instrument industries but also a broad range of industries.



< 千葉大学における医工連携 >
Medical Engineering Collaboration at Chiba University

< 医工学コースとしての学習・研究体系 >
Medical System Learning and Research Systems

04 教育の特徴

Features of Education

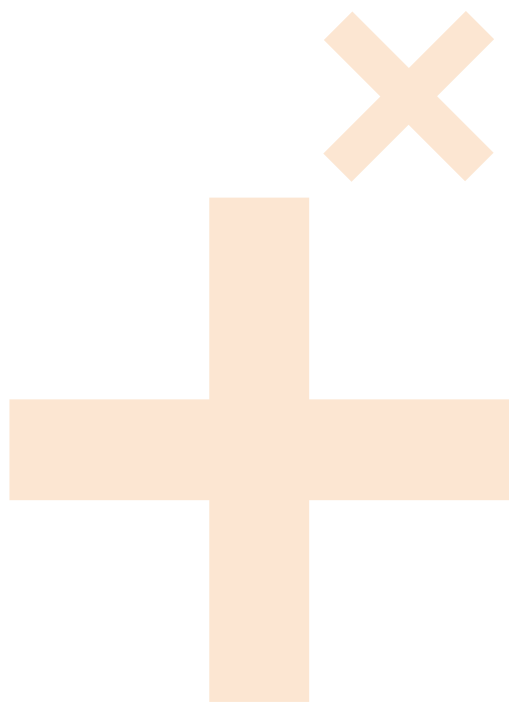


大学院における研究・教育の特徴

大学院医工学コースは、医学ならびに生理学と情報技術の融合による生体・医用情報工学と、治療・診断の向上と生活の質を高める医用機器開発を目的とする医用電子工学を取り扱っています。専門分野の深化と溢れる情報の有効利用を目指して幅広い視点にたった教育の実践を図ります。そして少子高齢化社会にむかい健康で豊かな生活を営むための医療機器の創出に貢献できる専門性と視野を持った研究者・技術者を育成します。教育研究内容としては、まず情報工学、画像工学を基盤として、医用情報システムの理論的及び実践的な能力を養うことを目標としています。また、少子高齢化における医用機器・福祉機器開発のための基礎知識を主に電子工学・機械工学を基盤として、理論的及び実践的に教育・研究を実施しています。

Features of Research and Education (Graduate School)

The Graduate School Medical Engineering offers courses in biological and medical information engineering that integrate medicine, physiology and information technology. We also offer our students medical electronics engineering courses focusing on more precise treatment and diagnosis as well as the development of medical devices that can help raise the quality of life. These courses provide education from a broad perspective, aiming at deeper understanding in specialized fields and enable effective use of existing information. It also aims to train researchers and engineers with highly specialized knowledge and skills who can contribute to the development of medical instruments for the well-being of us living in a rapidly aging society. Our education and research begins with the basics in information engineering and image science, with the objective of developing theoretical and practical skills related to medical information systems.



<専門職連携教育の講義>
Class of interprofessional education (IPE)



工学部(1~4年次)における教育方法の特徴

学部医工学コースは、一学年40名程度の少人数教育です。教育内容は実学と学際性を重視し、これを念頭に入れた下記のような特色あるカリキュラムを持っています。また、幅広い応用分野から専門を定める過程は時間を要するため、大学院への進学を奨励しています。

医工学は、電子・情報・画像・機械工学などの技術体系に基盤を置いて構成される学際的学問分野です。学科では、これら「電子」「情報」「機械」の3つの系を定め、それぞれの系における基礎的な科目について必修科目・重点科目として効率的に学習できる教育プログラムを構築しています。学生は自分が習得したい系をひとつあるいは複数選択し、その系の履修計画を立てることができます。

Features of Education (Undergraduate School)

The Department of Medical Engineering only accepts about 40 new students into its program each year. Our department is renowned for its unique curriculum with a wide range of academic fields including medicine and engineering. While offering our students a variety of practical and interdisciplinary programs, we also strongly encourage our students to advance to the graduate level and expand.

Medical engineering has an interdisciplinary academic nature with a foundation in technologies such as electronics, information science, imaging and mechanical engineering. Three systems -- electronics, information and mechanical - form the foundation of the department. On this foundation, we provide an education program that allows students to efficiently learn fundamental subjects in each of the three systems as either required or priority courses. Our students can choose one or more systems according to their interests. Our department's unique education system enables flexible course selection.

就職 15%
Employment

企業、医療機関、研究機関
などへ就職

Employment at companies,
hospitals and research
institutions

進学 85%

Entrance into Graduate School

大学院へ進学

医工学コース 約70・他大学大学院 約15

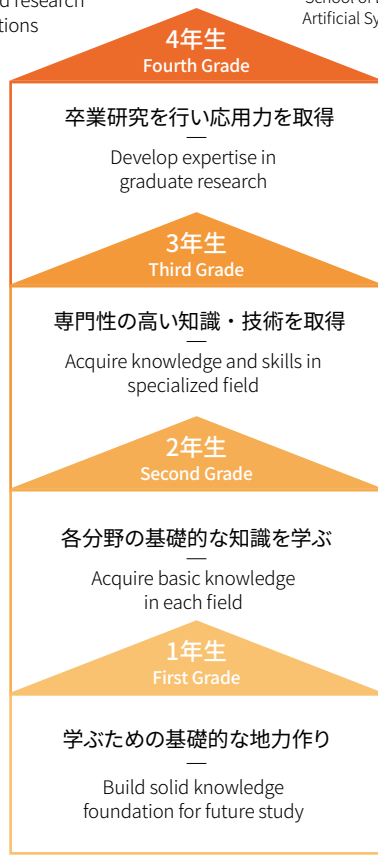
Graduate courses in the Graduate
School of Engineering or
Artificial Systems Science

外部機関
での学習
や実習も
可能

- ・技術系企業
- ・関連病院
- ・福祉施設
- ・研究機関

On-
the-job
training

- ・Technology companies
- ・Affiliated hospitals
- ・Welfare facilities
- ・Research institutions



少人数教育 / Small-group instruction

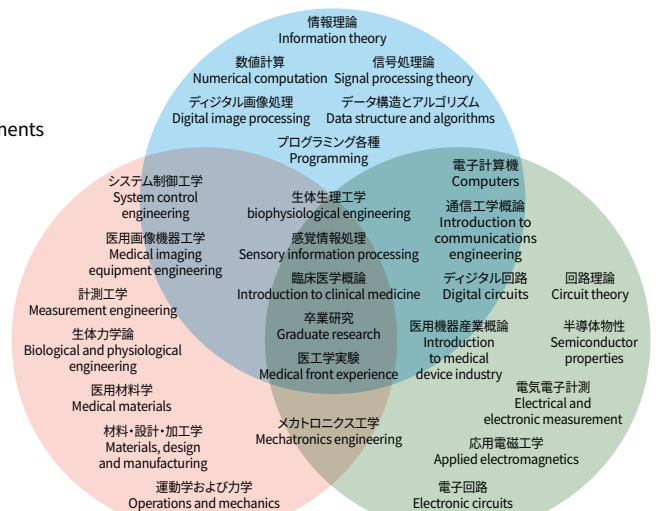
他学部やほか学科
の単位も取得可能

- ・医学部
- ・薬学部
- ・看護学部
- ・理学部
- ・デザイン学科

Study within
other departments
and faculties

- ・School of Medicine
- ・Faculty of Pharmaceutical Sciences
- ・School of Nursing
- ・Faculty of Science
- ・Department of Design

情報系 Information systems



機械系
Mechanical systems

電子系
Electronic systems

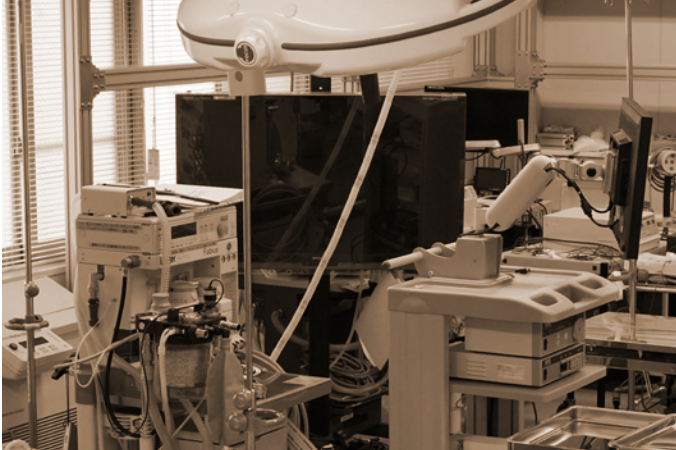
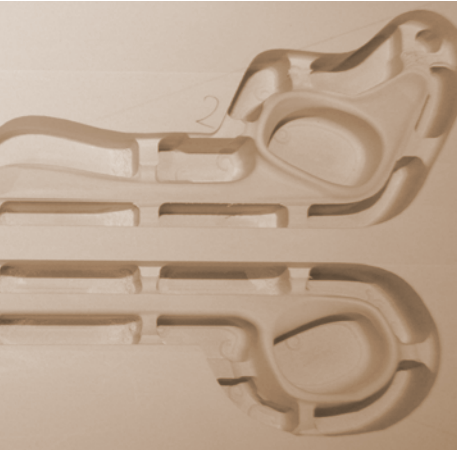
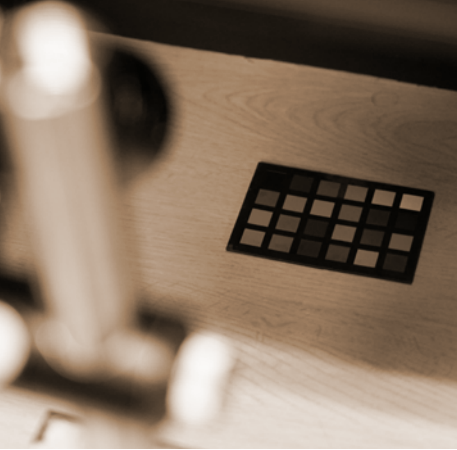
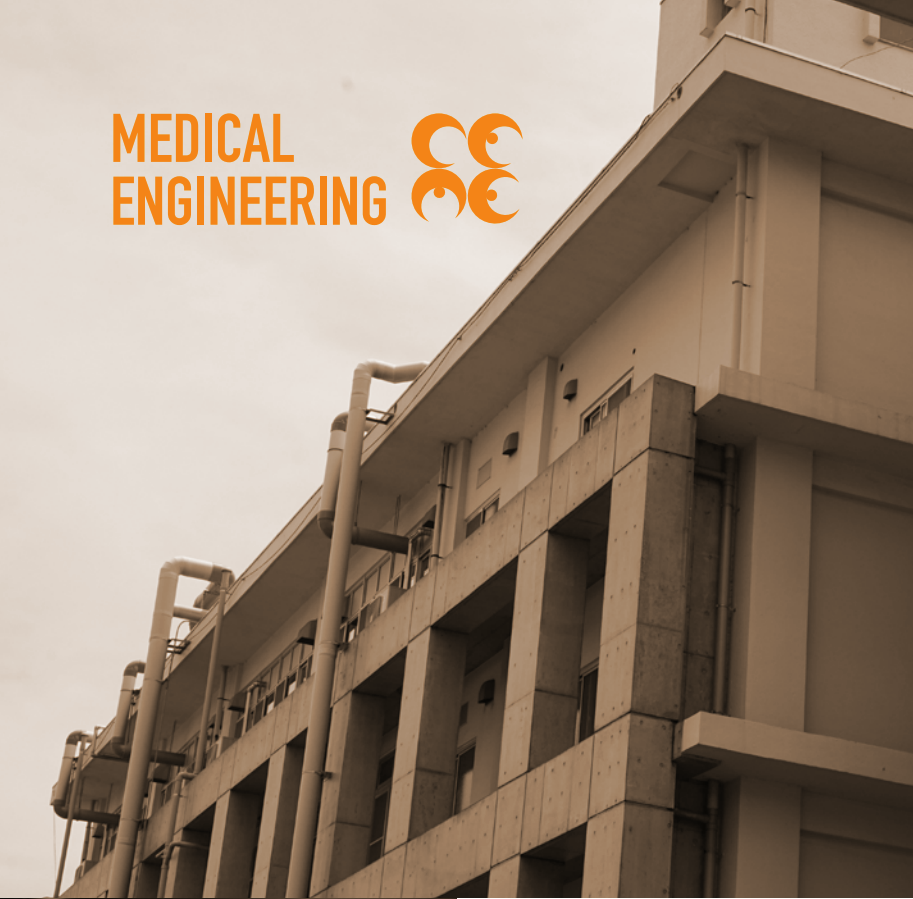
< 学部教育の流れと特徴 >

Undergraduate Education Flow and Features

< 学部での講義内容の例 >

Examples of Undergraduate Lecture

MEDICAL
ENGINEERING



05 スタッフ紹介

Academic Staff



スタッフリスト / Staff List

Professor

- 01 - 羽石 秀昭
- 02 - 林 秀樹
- 03 - 山口 匡
- 04 - 兪 文偉
- 05 - 折田 純久
- 06 - 中川 誠司
- 07 - 中口 俊哉

Associate Professor

- 08 - 川村 和也
- 09 - 齊藤 一幸
- 10 - 菅 幹生
- 11 - 高橋 応明
- 12 - 野村 行弘
- 13 - 平田 慎之介
- 14 - 吉田 憲司
- 15 - ゴメスタメス ホセ

Assistant Professor

- 16 - 大塚 翔
- 17 - 岡本 尚之
- 18 - 長野 菜穂子



01

Professor

羽石 秀昭

Hideaki HANEISHI

博士(工学) / Ph.D.

- キーワード** 生体光学, 分光画像工学, マルチモーダルイメージング, 医用画像解析, 画像再構成
- KEYWORD** Biomedical optics, spectral image engineering, multimodal medical imaging, medical image analysis, image reconstruction

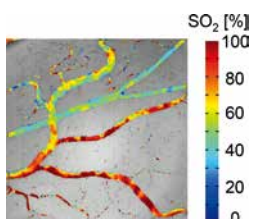
Macroscopic and microscopic quantification and visualization of blood flow and oxygen saturation



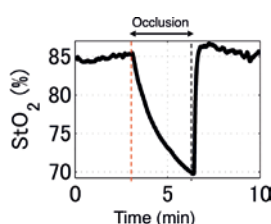
Microcirculation imaging device with LEDs and a small camera



Measurement device of tissue oxygen saturation at webbing



Visualization of oxygen saturation of microcirculation



Vascular occlusion test

研究内容

生体光学・分光画像工学

可視光や赤外光を用いて生体の微細構造や構成物, 代謝などのイメージングおよび計測を行う方法を研究しています. たとえば, 複数の波長を利用した酸素飽和度の計測, OCTを用いた微細血管構造の把握, ラマン分光を利用した腫瘍特徴の分析などを行っています.

マルチモーダル計測医工学

上記の光計測に加え, MRIやCTなど, 巨視的なモダリティを組み合わせて, 病変部の特徴を総合的に捉え, それにより診断能を向上させる研究を進めています.

医用画像解析・画像再構成

少ない枚数の撮影画像やSN比の悪い計測データから, 先見情報を用いて断層像を再構成したり, 所望の画像特徴を強調したりすることにも興味をもっており, そのための撮影方法や取得データの処理方法の研究を行っています.

Study Contents

Medical Photonics, Multispectral Image Engineering

We have been studying methods for imaging and measurement of microstructure, components and metabolism in biological body using visible and infrared lights. For example, we measure oxygen saturation of human webbing tissue and blood in micro-circulation, capture the micro-structure of blood vessels using optical coherent tomography, and analyze the characteristics of tumor from Raman spectroscopy.

Multimodal Medical Engineering

In addition to the above-mentioned optical measurement, we integrate information obtained from macroscopic modalities such as MRI and CT aiming at the improvement of diagnosing performance.

Medical Image Analysis, Image Reconstruction

We are interested in image reconstruction and image enhancement of some specific features from a limited number of obtained images or low SNR signals using a priori knowledge. We have been also studying the methods for image acquisition and image processing for this purpose.

林 秀樹

Hideki HAYASHI

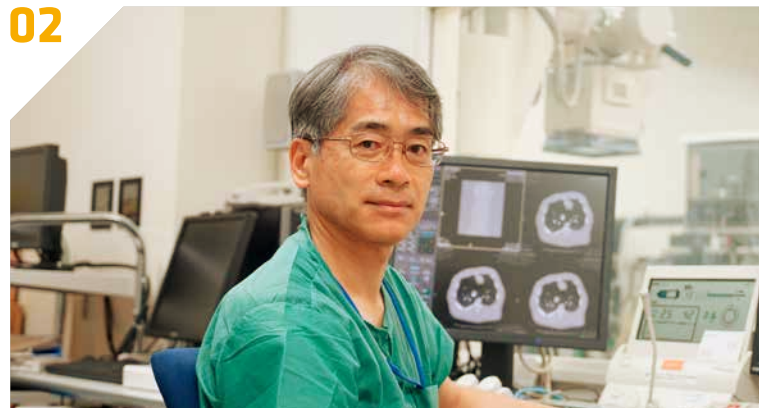
博士(医学) / Ph.D., M.D.

キーワード 消化器外科学, 低侵襲化外科治療, センチネルリンパ節ナビゲーション, 近赤外蛍光ナビゲーション手術, 薬物送達システム, 癌の免疫療法

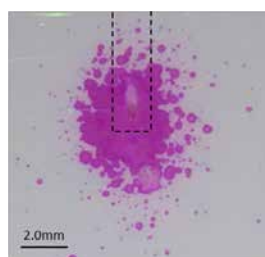
KEYWORD Gastroenterological surgery, minimally invasive surgery, sentinel lymph node navigation surgery, near-infrared fluorescence navigation surgery, drug delivery system, cancer immunotherapy



General appearance of NIR irradiation experiment after administration of liposome containing an immune activating substance.



Straight Blade



Curved Blade



Analysis of cavitation of ultrasonically activated devices using pressure measurement film

研究内容

手術用エネルギーデバイスの特性解析

低侵襲化外科治療において頻用されるバイポーラーシーリング装置や超音波凝固切開装置の発生する迂回電流やキャビテーションなどに対し, 工学的計測および生体組織を用いた解析を行い, 予期せぬ手術中の有害事象発生の可能性に関し検討し, 安全な機器の使用法の提案を行っています。

近赤外蛍光リポソームを用いた癌の光線力学・免疫療法の基礎的検討

リン脂質から構成されるリポソームは, その粒径によりリンパ系に取り込まれやすい性質を獲得することが明らかにされています。また, インドシアニングリーンなどの近赤外蛍光色素を配合したリポソームは, 近赤外光の照射により熱や活性酸素を発生することが知られています。われわれは近赤外蛍光色素を配合したリポソームに免疫活性化物質を内包するなどして, 近赤外光照射を利用した癌転移リンパ節の免疫治療を可能にする薬物送達システムの開発を行っています。

Study Contents

Analysis of surgical energy devices

We have been analyzing engineering properties and those biological effects of various surgical energy devices. Especially, detour current of the bipolar vessel sealing systems and cavitation generated from ultrasound activated devices have been revealed to cause serious biological damages. We propose optimal usages of these surgical devices based on our experimental data.

Development of a photodynamic immunotherapy of cancer-metastatic lymph nodes

Liposomes composed of phospholipids have shown increased accumulation specificities into the lymphatic systems, and liposomal formulation of Indocyanin green (ICG) has been known to produce heat and reactive oxygen species with irradiation of near-infrared (NIR) light. Liposomal formulation of a ICG derivate containing immune activating substances has been designed to induce anti-tumor immune responses in metastatic lymph nodes with NIR light irradiation in our laboratory.

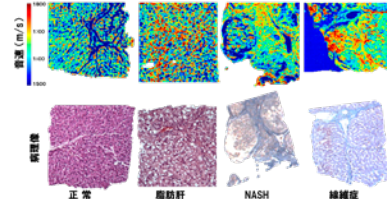
研究内容

マルチスケールでの超音波組織性状診断

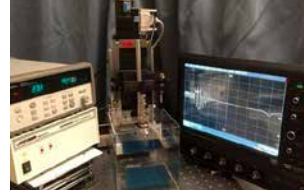
一般的な超音波検査では体表から数MHzの超音波を体内に照射し、各種組織から反射する超音波（エコー）の情報を可視化することで評価を行います。その分解能は1mm程度に制限されています。私の研究では、臨床と同程度の周波数帯から数百MHzの周波数帯で同一の生体組織を観察し、各種組織における固有特性の周波数依存性や、細胞以下のマイクロ組織から複数の組織が混在したマクロ構造におけるエコーの性質を指標化することで、任意の周波数帯を用いて所望の分解能で組織の性状（形態、構造、活性・不活性、炎症、変質、音響特性、機械特性など）を評価する総合技術を開発しています。

超音波診断の定量指標化

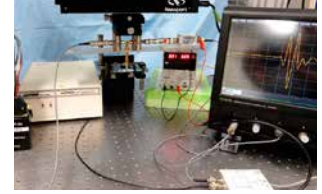
マルチスケール診断を実現するためには、多数の要素技術の開発が不可欠です。例えばマクロ構造の評価について、生体中におけるエコー信号の伝搬特性から生体組織における散乱特性を評価する複数の信号解析法を提案し、生体組織のマイクロな物性評価のためには超高周波数で広く深く領域を計測可能なシステムを開発しています。これらを国内・海外の多数の研究者と連携して実施し、装置や設定に依存しない超音波診断の定量指標の確立を目指しています。



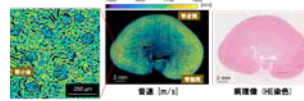
ラット肝臓の音速 @250MHz (300 μ m x 300 μ m)
Speed of sound of rat liver



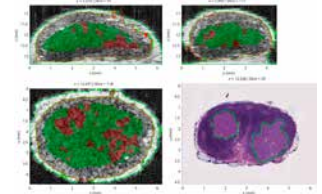
汎用超音波スキャナ (超音波診断装置モード)



汎用超音波スキャナ (超音波顕微鏡モード)



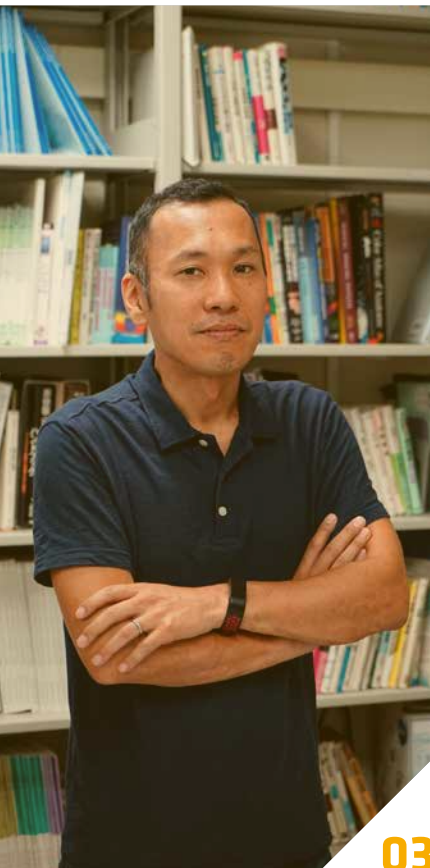
マルチスケールでの音速評価 (音速 [m/s])
Multi-scale speed of sound analysis



組織性状の定量評価 (病理像 [HE染色])
Quantitative tissue characterization

Professor

山口 匡



Tadashi YAMAGUCHI

博士(工学) / Ph.D.

キーワード

医用超音波, マルチスケール超音波診断, 物性解析, 信号処理, 組織性状診断

KEYWORD

Medical Ultrasound, Multi-scale ultrasonic diagnosis, Physical characteristics, Signal processing, Tissue characterization

03

Study Contents

Multiscale ultrasound tissue characterization

In general ultrasonic diagnosis, ultrasound waves of several MHz are radiated into the body from the body surface and visualization of ultrasonic information reflected from various tissues (echo) is performed, but its resolution is limited to about 1 mm. In our research, we observed the same living tissue by the frequency from several MHz to hundreds MHz band to find the frequency dependency of the intrinsic properties in various tissues in the microstructure below the cells (micro meter scale) and the mixture of multiple tissues (milli meter scale). We aim to understand the characteristics of tissue such as morphology, structure, activity, inflammation, alteration, acoustic characteristics, mechanical properties, etc. with a desired resolution by using an arbitrary frequency band by indexing the property of echo in the macro structure.

Quantitative indexing of ultrasonic diagnosis

In order to realize multi-scale diagnosis, it is indispensable to develop numerous elementary procedures. For example, we proposed multiple signal analysis methods to evaluate the scattering characteristics in living tissue from the propagation characteristics of echo signal for the macrostructure evaluation. Additionally, in order to evaluate the microphysical properties of living tissues, we developed a ultrasound scanner that can observe the tissue in wide area by super wide frequency band. We aim to establish quantitative indicators for ultrasonic diagnosis independent of equipment and settings through collaboration with a large number of researchers at home and abroad.

在宅リハビリテーション・ケア支援ロボティクス基礎・
応用技術

在宅リハビリテーション・ケア支援技術に応用できるロボット基礎技術を研究・開発しています。在宅リハビリテーション・ケア支援対象者（以下対象者）の状態をできるだけ非拘束、非侵襲的に検知し、対象者の意思、状態に合わせて、自律を最大限に尊重した支援を確実に行う必要があります。また、支援を在宅環境下でも、安全に行わなければなりません。

それらを実現するために、対象者の状態をロボットに搭載する複数センサーで計測し、統合するモバイルセンシング技術、センサー情報から、対象者の意思、日常生活活動における状態を分析し、把握する動的インタフェース技術、さらに、在宅環境でも、固有の粘弾性をもって、対象者を安全にサポートするソフトアクチュエータシステムの開発を行っています。

現在、各基礎技術・デバイスの概念実証、試作が終わり、リハビリテーション・ケア現場と共同で、検証・評価を実施しています。現場のフィードバックに基づき、さらに、各基礎技術の精度、安全性を高め、システムの統合を行っていく予定です。

Study Contents

Robotics fundamentals and application technology for home rehabilitation and care support

We have been studying and developing robotics fundamental and application technology for home rehabilitation and care support. It is necessary to detect the intention and states of the target persons of home rehabilitation and care support for their ADL, non-invasively, without any constraint to them, and support them with their needs and intention, while respecting their autonomy (independency) the most. Moreover, the safety during the support is also a critical issue.

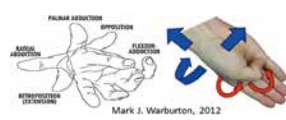
To meet the requirements, we have been developing mobile sensing technology, in which multiple non-contact sensors are equipped on a mobile robot to capture the information of the target persons. We have been also studying the interface technology to use the sensor information for analyzing detected information of their intention and states for their ADL. Furthermore, the soft actuators that could support the target persons in a safe way with inherent viscoelasticity, even in the home environment.

The concept validation, and prototyping of the key technologies have been finished. We have been cooperating with the rehabilitation, and care facilities to perform preliminary evaluation and verification. Based on the feedback from these facilities, accuracy and safety of the key technologies will be further improved integrated.

Soft Robotics for Home Rehabilitation

Towards Individual Soft Robotic Rehabilitation Hand with Full Thumbs Function Support

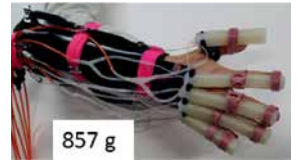
- The thumb is important for most grasping functions
- For most stroke patients, their thumb function is impaired



To design and control soft actuators



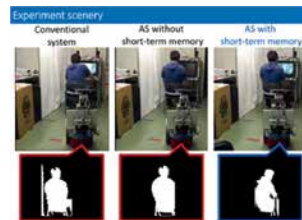
To test different grasping functions



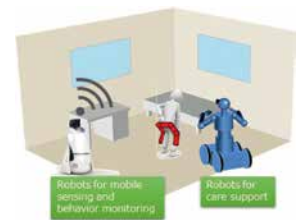
To design and assemble soft robotic rehabilitation hands

Robotics for Home Care Support

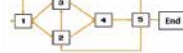
Towards Home monitoring and care support



Sensing technology: Active mobile sensing for home monitoring



System integration: Care support depending on the receiver's intention and desire



Behavior monitoring case study: modelling and real-time analysis of medication behavior

Professor

俞文偉

Wenwei YU

博士(工学), 博士(医学) / Ph.D.

04





Professor

折田 純久

Sumihisa ORITA

博士(医学), 修士(工学) /
Ph.D., M.D., M.S.

キーワード

運動器疼痛解析, 運動器センシング, 手術ナビゲーション, 整形外科AI診断

KEYWORD

Pain pathology, Sensing locomotive properties, Surgical Navigation, Orthopaedic diagnosis using artificial intelligence

05

研究内容

担当教授自身が現役整形外科医として活動する当研究室では, 超高齢社会に突入した現代において, 加齢に伴う運動器の特性変化を解析し低侵襲手術治療など最大限の治療支援システム開発を通じて現代の超高齢社会における喫緊の課題である健康寿命延伸をサポートします。千葉大学整形外科教室とも連携することでスピーディな医工学研究活動の促進を図ります。

運動器疼痛の機序解析と評価

運動器疼痛の原因となる椎間板の変性や骨粗鬆症, 変形性膝・股関節症の疼痛機序について動物モデルを用いた分子生物学的病態解析によりその特性を解明します。

ウェアラブル端末を用いた腰痛患者の活動度解析

我々の行った腕時計型加速度センサーを用いた腰痛患者の活動度解析では, 性別やBMI, 体幹・四肢筋量と腰痛との相関を認めました。今後は患者自身のバイタルサインと活動度をリアルタイムで取得・蓄積, 解析して運動器障害の発生と状況を事前に察知し必要な処置・治療を提示・実施することができるシステム開発を目指します。活動度をより有効に測定できるウェアラブルセンサーの開発も目指します。

低侵襲腰椎手術の確実な実施に向けた解剖学的検討と手技, 支援機器の開発

担当教授は新たな低侵襲脊椎固定術を日本に導入し, 安全性と確実性を最優先しながら手技を確立し発信しています。本研究室ではMRIによる痛みの定量評価や千葉大学医学部併設の解剖実習施設Clinical Anatomy Labとの連携も通じ, このような手術の効率化を支援する手技開発・画像診断やAR/VR/MR等も組み合わせた術中ナビゲーションシステムの開発を行っています。

AI (Artificial Intelligence: 人工知能) を用いた整形外科診断システムの開発

脊髄腫瘍や脊椎椎体骨折と感染の鑑別など, 従来は正確な読影と診断が困難であった病態に対し, 深層学習の導入により飛躍的に進歩している医療画像AI診断を応用し, 正確な臨床診断と治療指針をより迅速に提示することが可能になります。

Study Contents

Our research mission is to offer and support the patients with locomotive issues in the modern aging society by developing novel supportive and treatable devices. We also collaborate with clinical physicians such as the Department of Orthopaedic Surgery, Chiba University, which is staffed by leading clinicians from a broad spectrum of orthopaedic subspecialties and is internationally recognized for outstanding achievements.

Analysis of locomotive pain mechanism and related treatment

Locomotive pain derived from degenerative changes such as lumbar spondylosis, osteoporosis, and osteoarthritis are the major causes of the impaired activity of the elderly. We have been clarifying the mechanisms of these pathologies using methods of molecular biology.

Activity tracking of low back pain patients

We have been analyzing the low back pain patients' properties in the clinical situation using a wearable activity tracker by acquiring subjective activity data in their daily life to maximize and support their activities, and also aiming at the development of more efficient wearable sensors/devices.

Development of minimally invasive lumbar fusion surgery

We are trying to make lumbar fusion surgery less invasive by targeting the surgical site using neural MRI diffusion analysis to quantify pain and refining the surgical procedure by inducing novel intraoperative navigation system combined with AR/VR/MR.

Development of diagnostic measures using artificial intelligence (AI)

We have been developing a diagnostic system that differentiates orthopaedic pathologies such as spinal cord tumor, spinal column fracture, and spinal infection using AI to provide more accurate and a faster diagnosis for the clinical physicians.

正常膝 変形性関節症モデル



TP: 脛骨 tibia plateau, M: 半月板 Meniscus, F: 大腿骨 Femur

変形性関節症モデルにおける組織像

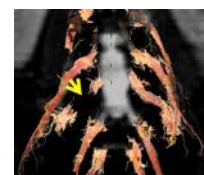
Representative histology of rat osteoarthritis models



低侵襲腰椎手術と, ハーフミラーを用いたナビゲーションシステム
Minimally invasive lumbar fusion surgery on lumbosacral junction



人工知能による
脊髄腫瘍鑑別システム
Diagnostic system to differentiate
spinal cord tumors using AI



MRI 拡散強調画像を応用した
定量的神経描出
(矢印: 障害部位が欠損表示されている)
Quantified lumbar spinal nerve
using MRI diffusion procedure:
Impaired site is depicted as a deficit (arrow)

Professor

中川 誠司

Seiji NAKAGAWA

博士(工学) / Ph.D.

キーワード 感覚・知覚情報処理, 非侵襲脳機能計測, 福祉機器開発, サウンドデザイン, ブレイン・マシン・インターフェース

KEYWORD Sensory & perceptual information processing, Non-invasive brain function measurement, Development of welfare devices, Sound design, Brain-machine interface



06



研究内容

ヒトの感覚・知覚・認知メカニズムの解明

心理計測や非侵襲的な神経生理計測, さらには生体音響計測, コンピュータ・シミュレーションを駆使して, ヒトの感覚・知覚・認知機能, 特に聴覚関連機能の情報処理メカニズムの推定に取り組んでいます。また, 得られた知見を応用した福祉機器の開発や視聴覚環境の最適化に注力しています。

骨伝導メカニズムの解明と福祉・医療・コミュニケーション機器への応用

骨伝導には外耳・中耳の障害があっても聴取可能, 耳穴を塞がない, 騒音に強い等の利点があり, 補聴器やコミュニケーション機器へと利用されています。さらに, 骨伝導で呈示された超音波(骨導超音波)には, 通常の補聴器が使用できない重度難聴者にも知覚されるという特長があります。しかしながら, そのメカニズムには不明な点が多く残されており, その応用の範囲は限定的でした。骨伝導メカニズムの科学的解明に取り組み, 騒音に強いスマートホンやマイクロホン, 重度難聴者のための新型補聴器といった各種機器に応用しています。

心理・生理データを利用した快適な視聴覚環境の構築

快適で高付加価値な居住空間の構築のためには, その空間に対してヒトが持つ印象を客観的かつ高精度に評価する必要があります。非侵襲的な脳機能計測手法や心理計測手法を駆使して, 視聴覚環境の客観的な印象評価と快適かつ高付加価値な空間の構築を行っています。また, 快適性に係る心理状態を自動的に検出するブレイン・マシン・インターフェースへと応用を図っています。

Study Contents

Elucidation of mechanisms of sensation, perception, and cognition in humans using non-invasive methods

We have been studying perception mechanisms of humans, mainly audition, using various techniques; non-invasive neurophysiological measurements, psychological measurements, physioacoustical measurements, and numerical simulations. Furthermore, we have been applying knowledge and information obtained in the basic research on the perception mechanisms to developments of medical and welfare devices, optimization of audio-visual environments.

Elucidation of bone-conduction mechanisms and its applications to welfare, medical and communication devices

Bone-conduction has been used for not only hearing aids for the conductive hearing loss, but also used as various communication devices like headphones without covering ears and specialized communication tools for high-noise environments. Furthermore, bone-conducted ultrasound up to 100 kHz can be perceived by the profoundly hearing impaired as well as the normal hearing. We have been trying to elucidate the perception mechanisms of bone-conduction and apply it for welfare and communication devices; smartphone and microphone for high-noise environments and a novel hearing aid for the profoundly hearing impaired.

Optimization of the audio-visual environments using psychological and neurophysiological data

To optimize our living spaces, it is essential to assess subjective impression objectively and precisely. We have been developing comfortable and value-added audio-visual environments using psychological and neurophysiological data. Furthermore, we have been developing a brain-machine interface technique to evaluate comfortableness automatically.

Study Contents

Surgical Navigation by Projection-Based Augmented Reality

In order to reduce the burden on surgeon in laparoscopic surgery, we propose a surgical navigation system using augmented reality technology by projection. We also propose a novel medical imaging device named "trocar vision" that incorporates a small camera in a trocar's tube used in laparoscopic surgery and we have been developing it for practical use. This enables laparoscopic surgery while observing inside the body cavity from a multidirectional viewpoint, and it is expected to improve safety and accuracy.

Augmented Reality Medical Training System

Currently, auscultation training in medical education has been mainly conducted using mannequin type devices, but it has a cost problems such as expensive and large space requirement. Therefore, we propose an augmented reality auscultation training system named 'EARS' which reproduces arbitrary heart sound / respiratory sound by touching a virtual stethoscope onto a healthy person's body. This can reproduce various pathological conditions for effective auscultation training.

Computer-Aided Diagnosis

Although the tongue changes variously, reflecting the health condition of the whole body, objective recording methods are not established. Therefore we propose a tongue imaging system named 'TIAS', which quantitatively and stably records the tongue color, shape, wetness and so on. Beside that we established a database of tongue color and Kampo findings and constructed a diagnostic support system that estimates Kampo findings from a tongue picture using machine learning techniques. In addition, we have been conducting research on cerebral aneurysm detection by automatic processing from MRA images, and automatic detection of lesion sites such as metastatic cancer and cysts that occur in the liver from CT images.

Professor

中口 俊哉



07

Toshiya NAKAGUCHI

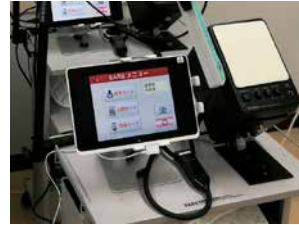
博士(工学) / Ph.D.

キーワード

医用画像処理, 外科手術ナビゲーション, 画像診断支援, 医療トレーニングシミュレータ, 生体計測

KEYWORD

Medical Image Processing, Surgical Navigation, Computer-Aided Diagnosis, Medical Training Simulator, Biomedical Measurement



拡張現実型聴診訓練システムEARS
Educational Augmented Reality Auscultation System



舌撮影解析システムTIAS
Tongue Image Analyzing System



カメラ付きトロカール
Trocar Vision



投影型腹腔鏡下手術支援システム
Projector-based Laparoscopic Surgery Navigation

研究内容

投影型拡張現実感による医療支援

内視鏡外科手術における術者の負担を軽減するため、プロジェクター投影による拡張現実感技術を用いた医療支援システムを提案しています。また内視鏡外科手術で用いられるトロカールに小型カメラを組み込んだ全く新しい医療用カメラ「カメラ付きトロカール」を提案し、実用化に向けた開発を進めています。これにより体腔内を多方向視点で観察しながらの内視鏡外科手術が可能となり安全性向上や高精度化が期待できます。

拡張現実型聴診訓練システム

現在、医学教育における聴診の訓練は主にマネキン型装置が使われていますが、高価かつ大きなスペースを要するなどコストの問題が深刻です。加えて、聴診時は患者との意思疎通も重要ですがマネキン型装置は医療面接の訓練ができません。そこで模擬患者など健康者に、本研究で開発した仮想聴診器を当てることで任意の心音・呼吸音を再生し、様々な病態を再現できる拡張現実型聴診訓練システムEARSを提案しています。

診断支援システム

舌は全身の健康状態を反映して様々に変化しますが、客観的な記録手段が確立されていません。そこで舌の色、形状、湿潤度などを定量的かつ安定して記録する舌撮影システムTIASを提案しています。多数の漢方専門医を対象に調査研究を実施し、舌色と漢方所見のデータベースを構築しました。このデータベースを基に機械学習技術を用いて舌写真から漢方所見を推定する診断支援システムを構築しました。舌以外にも脳動脈瘤の早期発見を目指してMRA画像からの自動処理による脳動脈瘤検出手法に関する研究や、肝臓に発生した転移がんや嚢胞などの病変部位をCT画像から自動検出する研究など様々な画像診断支援に関する研究を進めています。

Associate Professor

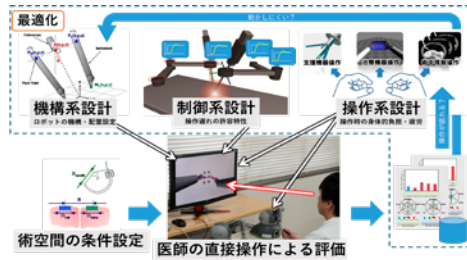
川村 和也

Kazuya KAWAMURA

博士(工学) / Ph.D.

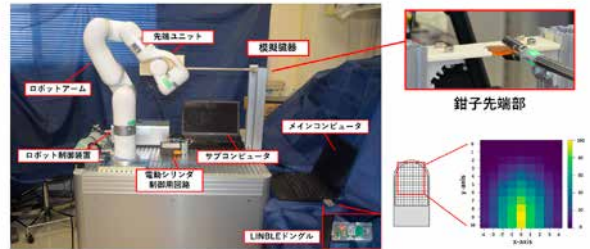
キーワード 手術支援ロボット, ロボット設計シミュレーション, 操作性評価, リハビリテーションロボット, 呼吸計測

KEYWORD Surgical assisted robot, surgical robot simulation for mechanical design optimization, operability evaluation, rehabilitation robot, respiratory measurement



操作性評価に基づく手術支援ロボット設計法
Surgical robot design optimization method using user's operability

08



鉗子型ミニPET用制御システム
Robotic system for forceps-type mini-PET

研究内容

術空間再現シミュレーションを用いた手術支援ロボットの設計手法構築

手術支援ロボットは、医師・患者双方の負担を軽減した治療が期待され、様々な症例の治療法への適用が求められています。このことから手術支援ロボットの使用環境は多岐にわたり、状況に応じて適切な機構が必要になります。開発当初から適用症例を想定した機構の設計を行うためには、設計段階から利用段階に至った後の予測までを一貫したプロセスで詳細に検証が有効と考えます。本研究では、任意の条件を設定可能であり、一貫した環境構築を支援するシステムとして、VRシミュレーション技術に着目しました。医師の手技動作等、開発前の要求仕様の検証に必要な基礎データに基づいた設計手法構築に向け、数理シミュレータと実物の操作入力システムを統合した術空間再現シミュレーションを開発しています。このシステムを使用し、小児外科を対象としたロボット鉗子の機構を最適化する検証を小児外科医との共同で行っています。

術中癌転移診断を支援する鉗子型ミニPET用制御システムの構築

食道癌治療では、広範囲に渡るリンパ節郭清により根治率を維持する一方、術後合併症の増加が課題となっています。先行研究では、食道癌に対するFDG特異性を利用し、これを術中に計測することで転移を特定する鉗子型ミニPETの開発が進められています。術前診断では得られないリアルタイム性や診断力の高さから切除範囲の縮小化が期待されていますが、検出器と線源間の角度・距離の違いなどによる放射線検出感度のばらつきが課題になっています。本課題を解決するに向けて、鉗子型ミニPETを正確に操作する技術が必要となります。そこで、本研究では、医師が手に持って操作するハンドヘルド型のデバイス開発に加えて、鉗子型ミニPETを自動で制御可能な術中癌位置検知支援システムの構築に取り組んでいます。

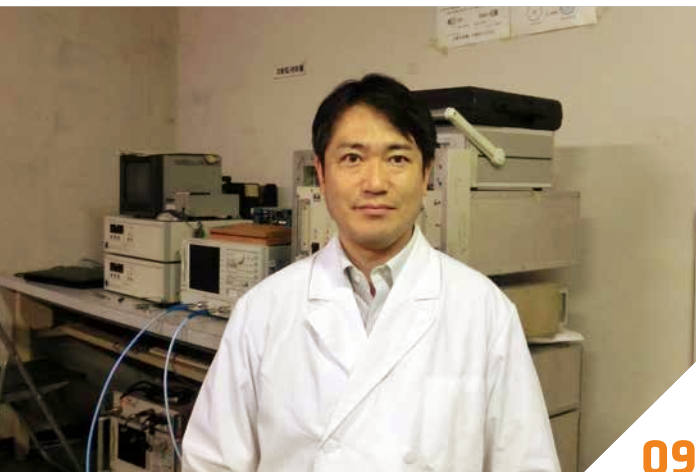
Study Contents

Simulation based mechanical design method for surgical assisted robot

In recent years, robot technology has been required to apply the difficult surgery, but the robot can only be used in a limited number of clinical cases. This problem is caused due to difficulty of use of the robot for users. In our study, we proposed a simulation based mechanical design method of surgical assisted robot. And we also developed an optimization method of the design based on human operation and operability evaluation for assistance in order to apply the developed robot to clinical case rapidly. As one of our on-going collaboration with pediatric surgeons, we have been trying to evaluate the mechanical design of forceps manipulator suitable for pediatric surgery.

Precise detector of robotic forceps-type mini-PET for assist-diagnosis of intraoperative cancer metastasis

In the treatment of esophageal cancer, extensive lymph node dissection maintains the cure rate while increasing postoperative complications. In a previous study, a forceps-type mini-PET that utilizes FDG specificity for esophageal cancer and intraoperatively measures it to identify metastases is under development. It is expected to reduce the extent of resection due to its real-time performance and diagnosis that cannot be obtained with preoperative diagnosis. In this study, we focus on a technique to accurately manipulate the forceps-type mini PET. We develop a hand-held device that can operated by a surgeon and a robotic system for intraoperative detection assistance with the forceps-type mini-PET.



09

Associate Professor

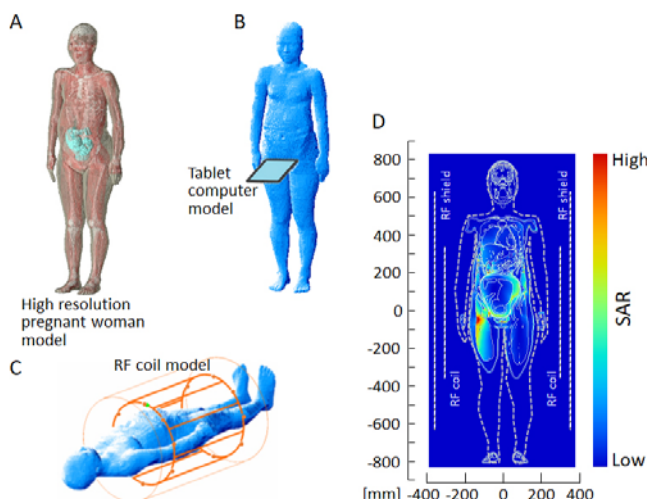
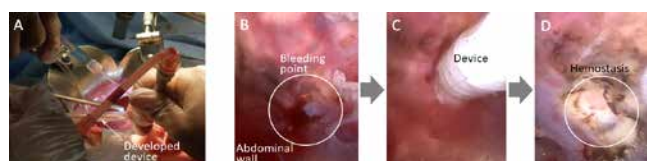
齊藤 一幸

Kazuyuki SAITO

博士(工学) / Ph.D.

キーワード マイクロ波, マイクロ波の治療応用, 人体における電磁波エネルギー吸収量評価, 電磁界による生体物性評価, 数値電磁界解析

KEYWORD microwave, therapeutic application of microwave, evaluations on electromagnetic energy absorption of human body, evaluations of biological tissue properties by electromagnetic field, numerical analysis of electromagnetic field



研究内容

マイクロ波による新規外科処置具の開発

近年の外科手術では、メスやはさみ、ピンセットといったような以前より用いられてきた器具だけでなく、電気メスや超音波組織凝固切開装置などのいわゆるエネルギーデバイスが多用されています。これらの機器は、いずれも短時間で生体組織を高温に加熱し、切開、止血、吻合などを行うものです。しかしながら、これらの機器にも、解決すべき問題点がいくつか存在します。そこで、それらを解決すべく、マイクロ波エネルギーを利用した新しいエネルギーデバイスの開発を進めています。上図は、開発した止血用マイクロ波エネルギーデバイスを動物(ブタ)での処置に用いているところ(A)。この処置では、腹壁の出血点にデバイスを押し当ててマイクロ波エネルギーを照射することで、速やかな止血が可能でした(B)~(D)。

人体における電磁波エネルギー吸収量評価

近年では、スマートフォンやタブレット端末などの新しい携帯無線端末が普及しています。また、医療分野でも電磁波技術の利用が進んでいます。そして当然のことながら、これらは、成人に限らず小児や高齢者も利用し、さらには胎児でさえも電磁波に曝露される機会があります。そこで、国立研究開発法人情報通信研究機構と共同で、高精細妊娠女性数値人体モデル下図(A)を開発し、これを用いて様々な状況下での電磁波曝露量評価を進めてきました。(B)は、妊娠女性の腹部近傍でタブレットコンピュータを使用した際の胎児での電磁波曝露量評価を行うための解析モデル、(C)は、妊娠女性のMRI(Magnetic Resonance Imaging: 磁気共鳴画像法)撮像時の電磁波曝露量評価を行うための解析モデルです。さらに(D)は、この時の電磁波曝露量評価結果の一例です。

Study Contents

Development of microwave energy devices

In recent surgeries, not only conventional devices such as scalpels, scissors etc. but also energy devices such as electrical scalpels have been used. These devices heat biological tissue to a high temperature for incision, hemostasis, and inosculation. However, they have some problems to be solved. We have been developing energy devices by microwave energy to solve these problems. Upper Fig.(A) shows a scene of using developed microwave energy device for surgical treatment for a swine. In this operation, it was possible to stop bleeding promptly (B)-(D).

Evaluations on electromagnetic energy absorption of human body

The electromagnetic (EM) technology is used in new portable wireless terminals and is also employed in medical field. We have developed realistic high-resolution whole-body voxel models of pregnant woman with the National Institute of Information and Communications Technology (Lower Fig. (A)) Based on this, we have evaluated EM energy absorption under various scenarios. (B) is the analytical model for evaluation of the EM energy absorption at a fetus in which a pregnant woman uses a tablet-type computer near the abdomen. (C) and (D) show analytical model to evaluate the EM energy absorption of a pregnant woman during a Magnetic Resonance Imaging (MRI) and an example of calculated EM energy absorption distribution, respectively.

定量的測定のための画像診断モダリティとファントムの研究開発

* MRエラストグラフィと生体模擬粘弾性ファントムの開発

生体組織の力学的性質の分布を非侵襲的かつ定量的に測定する手法としてMRエラストグラフィ(MRE)があります。MREの定量性と空間分解能を向上するために、外部加振装置やMRI制御プログラム(パルスシーケンス)、解析手法の開発をしています。また、異なるエラストグラフィシステム間の比較や最適撮像条件の検討のために、粘弾性が既知で頑健なファントムの開発をしています。

* アドオンPETプロトタイプのための電磁波シールド素材の評価

放射線科学研究所と協力して3次元深さ放射線位置検出器とMRIのRFコイルを統合したアドオンPETシステムを開発しています。提案システムでは、PET検出器はRFコイルに近接配置することになります。PET検出器とRFコイルとの間の電磁相互作用を低減するために、PET検出器は導電性シールドボックスで覆う必要があります。本研究では信号対雑音比と渦電流の観点からカーボンファイバーがシールド素材として有効であることを確認しました。

Study Contents

Research and development of medical imaging modality and phantoms for quantitative measurements

* Development of magnetic resonance elastography and tissue-simulating viscoelastic phantoms

Magnetic resonance elastography (MRE) is a noninvasive imaging technique used for the quantitative measurement of biomechanical properties. To improve the quantitative precision and spatial resolution, we have been developing an external vibration device and pulse sequence with inversion algorithms for MRE systems. To compare the viscoelastic parameters between different elastography systems and to optimize imaging parameters, we have been developing tough and stable tissue-simulating viscoelastic phantoms.

* Assessment of shielding materials for add-on positron emission tomography prototype

We have been developing an add-on positron emission tomography (PET) system that is composed of a magnetic resonance (MR) radio frequency (RF) coil integrated with depth-of-interaction (DOI) PET detectors, in collaboration with the National Institute of Radiological Sciences (NIRS-QST). In the proposed system, PET detectors are located extremely close to the MR RF coil. To reduce the electromagnetic interactions between the PET detectors and the MR RF coil, the PET detectors should be covered with conductive shield boxes. In this research, we validated that carbon fiber is effective as a shielding material in terms of the signal-to-noise ratio and eddy currents.



10

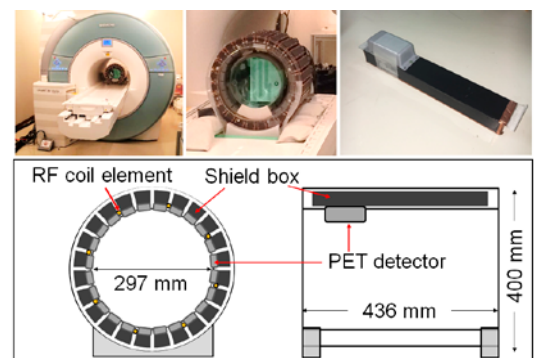
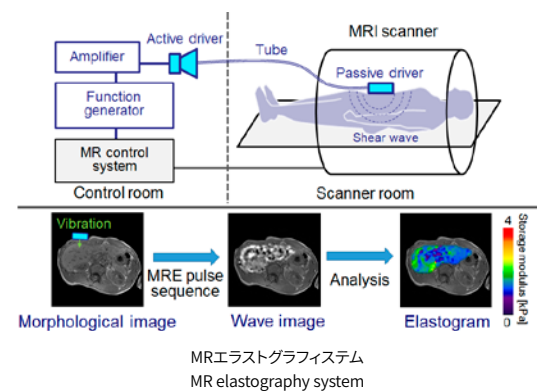
Associate Professor

菅 幹生

Mikio SUGA

博士(人間・環境学) / Ph.D.

- キーワード** 磁気共鳴画像装置 (MRI), 生体物性計測, エラストグラフィ, 陽電子放射断層撮影装置 (PET), PET/MRI
- KEYWORD** Magnetic resonance imaging (MRI), elastography, positron emission tomography (PET), PET/MRI





11

Associate Professor

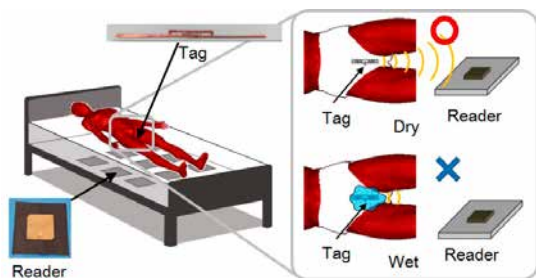
高橋 応明

Masaharu TAKAHASHI

博士(工学) / Ph.D.

キーワード 電磁波, RFID, 体内無線電力伝送, 生体情報モニタリング, ウェアラブル・インプラントアンテナ, 小形アンテナ

KEYWORD Electromagnetic Wave, Radio frequency identification, in-body wireless power transmission, biological information monitoring, wearable · implantable antenna, small antenna



研究内容

RFIDを用いた医療モニタリングシステム

RFIDタグにはバッテリーが搭載されておらず、通信に必要な電力はすべてリーダからの電磁波エネルギーで賄うため、耐用年数が極めて長く、小形化・軽量化が可能です。このような特長を活かして、RFIDを応用した紙オムツの交換時期を知らせるシステム、点滴の自己抜去を検知するシステム、乳児の姿勢のモニタリングシステム、手術用鋼製小物の管理システムなどの研究開発を行っています。

体内無線電力伝送システムの開発

人体埋込型医療機器を用いて生体情報を収集し、病気の早期発見や治療を行うものとして、心臓ペースメーカーや除細動器、血糖値のモニタ、カプセル内視鏡などがあります。これらの機器は体内にあるため、大きさの制限から常に電源の問題を抱えています。カプセル内視鏡は撮像画像の高解像度化、多枚数化などが求められており、さらに姿勢制御や投薬装置、生体検査装置などの機能追加も検討されています。これらを実現するため、体外から無線をもちいて、体内のデバイスに電力を供給する無線電力伝送の研究を行っています。

ウェアラブルセンサの研究

モニタリングや体内無線電力伝送には、体に貼り付けて外部と通信をするデバイスや電力伝送パッドが必要となります。これらには、体にフィットし動きを妨げない柔軟なウェアラブルデバイスが求められています。また、介護ベッドなどにも対応する柔構造のセンサが必要とされています。これらを実現するために、導電性布を用いたセンサや衣料の研究を行っています。

Study Contents

Medical monitoring system using RFID

Since a battery is not mounted on the RFID tag, all electric power necessary for communication is covered by electromagnetic wave energy from the reader. Therefore its useful life is extremely long, and it is possible to reduce the size and weight. Utilizing these features, we have been developing a system that notifies when to change paper diapers by applying RFID, a system that detects self-removing of intravenous drip (IV) needles, a monitoring system of infant posture, a management system of steel surgical tools, etc.

Development of in-body wireless power transmission system

Cardiac pacemakers, defibrillators, blood sugar level monitors, capsule endoscopes, and the like are used to gather biological information using a human body implantable medical device for early detection and treatment of diseases. Since these devices are in the body, they always have power problems due to size restrictions. Capsule endoscopes are required to have a higher resolution of captured images, multiple numbers of images, etc. Moreover, additional functions such as attitude control, medication devices, etc. are being studied. We have been studying wireless power transmission for devices in the body to supply power.

Research on wearable sensors

For monitoring and in-vivo wireless power transmission, devices that are attached to the body and communicate with the outside and power transmission pads are required. For these, a flexible wearable device that fits the body and does not hinder movement is required. Also, a flexible sensor applicable to nursing bed etc. is required. We have been researching on sensors and clothing using conductive cloth.

コンピュータ支援検出／診断(CAD)ソフトウェアの開発

CTやMRIをはじめとする医用画像診断装置の進歩に伴い、一検査あたりの画像枚数が年々増加しています。画像診断における医師の負担を軽減し、かつ診断精度の向上を目的としたコンピュータ支援診断／検出(computer-aided diagnosis/detection, CAD)ソフトウェアの開発を進めています。これまでに、胸部CT画像の肺結節検出、頭部MRA画像の脳動脈瘤検出、胸部X線写真の肺腫瘍検出などのCADソフトウェアを開発しており、深層学習を使用したCADソフトウェアの高性能化にも取り組んでいます。

CIRCUSシステム

CADソフトウェアの開発／臨床応用を促進するためには、アルゴリズムの開発、ソフトウェアの実装、臨床使用、知見のフィードバック、アルゴリズムおよびソフトウェアの改善、さらなる臨床使用の循環が必要です。CIRCUS (Clinical Infrastructure for Radiologic Computation of United Solutions) とは、これらの循環を実現することを目的とした、東大病院放射線科による統合的なCAD開発プラットフォーム、およびその関連の研究プロジェクトの名称であり、プロジェクトのコアメンバーとして参画しています。

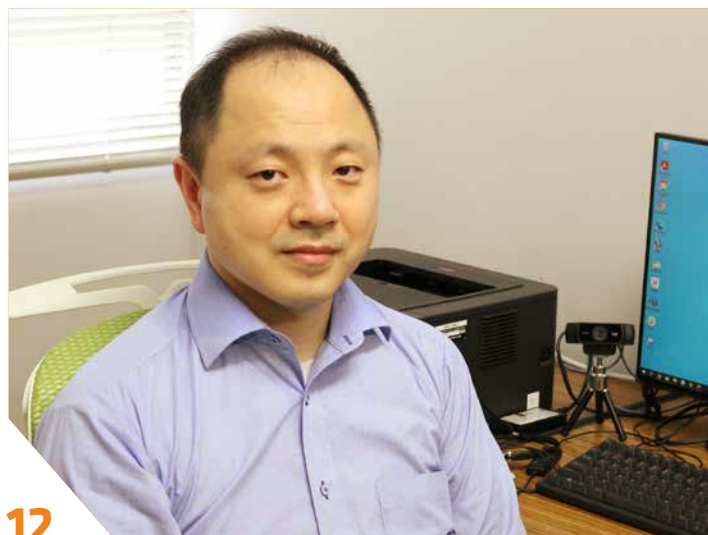
Study Contents

Development of computer-aided detection/diagnosis (CAD) software

With the progress of medical imaging devices such as CT and MRI, the number of images per examination increases yearly. We have developed computer-aided diagnosis/detection (CAD) software to reduce the burden on radiologists in image interpretation and improve the accuracy of diagnosis. We have developed CAD software, including lung nodule detection in chest CT images, cerebral aneurysm detection in head MRA images, and lung mass detection in chest radiographs. We have also been improved the performance of CAD software by using deep learning.

CIRCUS system

The development of CAD software involves a cycle of algorithm development, software implementation, clinical use, and refinement of the algorithm and the software based on clinical evaluation. This cycle is expected to accelerate the development of CAD software. CIRCUS (Clinical Infrastructure for Radiologic Computation of United Solutions) is an integrated CAD development platform developed by The University of Tokyo Hospital, and related research projects aimed to realize the cycles. Dr. Nomura is participating as a core member of the project.



12

Associate Professor

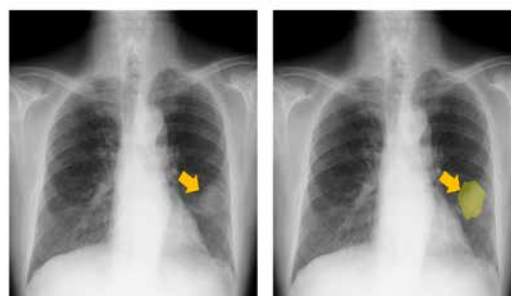
野村 行弘

Yukihiro NOMURA

博士(工学) / Ph.D.

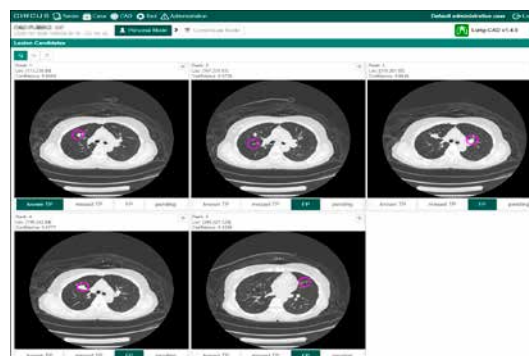
キーワード 医用画像処理, コンピュータ支援診断／検出, 画像データベースシステム

KEYWORD Medical image processing, computer-aided diagnosis/detection, image database system

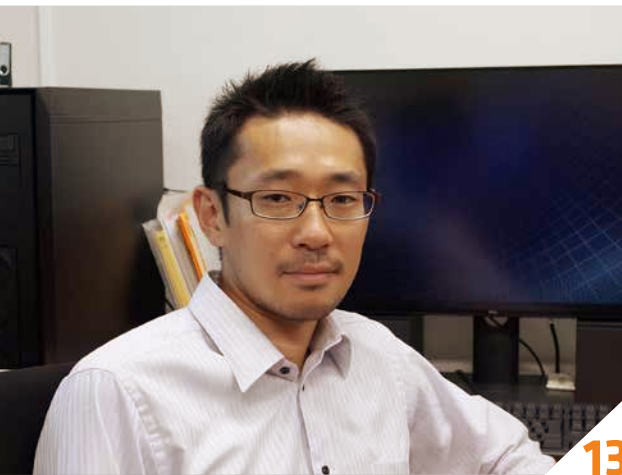


元画像(original image) 検出結果(detection result)

深層学習を使用した胸部X線写真の肺腫瘍検出結果(矢印:病変)
Result of lung mass detection in chest radiographs using deep learning
(arrow: lung mass)



CIRCUSシステムに実装した胸部X線CTの肺結節検出の結果画面
Result of lung nodule detection in chest CT images implemented in CIRCUS system



13

Associate Professor

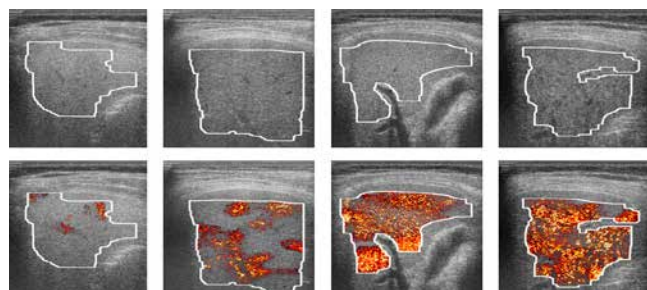
平田 慎之介

Shinnosuke HIRATA

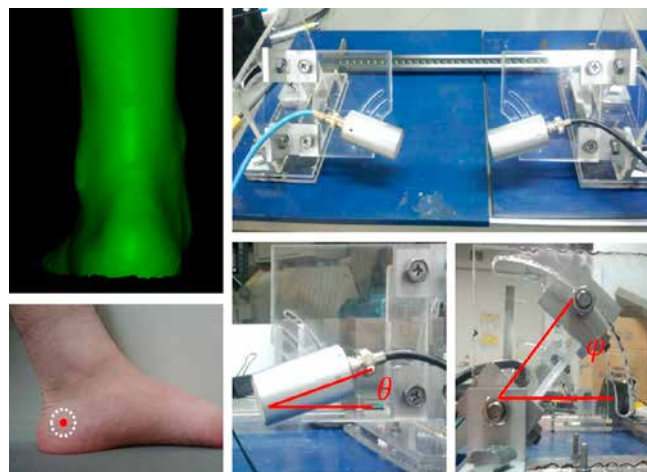
博士(工学) / Ph.D.

キーワード 超音波計測, 医用超音波, 組織性状診断, 音波伝搬解析

KEYWORD Ultrasonic measurement, Ultrasound in medicine, Tissue characterization, Numerical analysis of sound propagation



超音波画像のコントラストから推定した線維組織
Fibrotic tissues estimated from the contrast of ultrasonic B-mode images



踵側面に合わせて超音波振動子を傾斜させた検査装置
A developed device with ultrasonic transducers tilted to the heel sides

研究内容

超音波計測に基づく医用生体情報処理

対象物から反射した,または対象領域を伝搬した超音波の波動情報から対象の位置,構造,物理量などを計測し,そこから生体情報や診断情報などを導き出すことを目的とした研究を行っています。現在取り組んでプロジェクトは,肝臓の超音波画像からびまん性肝疾患の進展度を評価する研究,踵内を伝搬した超音波を用いて踵骨内の骨量を評価する研究などです。

びまん性肝疾患による肝線維化の定量診断

びまん性肝疾患とは,アルコール,ウイルス,脂肪化などによって肝細胞の炎症,壊死,再生が繰り返される病気で,肝硬変や肝細胞癌の原因となります。この研究プロジェクトでは,肝細胞の炎症,壊死,再生の過程で発生する線維組織の量や硬さを,超音波画像のコントラストや外部加振への応答から定量的に評価する手法について検討を行っています。

空中超音波による非接触骨評価

超音波を用いた骨粗鬆症の診断では,海綿骨内を伝搬する超音波の伝搬速度や減衰周波数特性から骨量を定量的に推定します。従来の検査装置では,直動する超音波送受波器対で踵を両側から強く挟んだ状態で超音波の送受信を行うため,踵の大きさ・形状によっては検査を行えない場合があります。この研究プロジェクトでは,より汎用性が高く,効率的な計測手法を実現するため,踵を透過した空中超音波による非接触骨評価について検討を行っています。

Study Contents

Biomedical informatics based on ultrasonic measurement

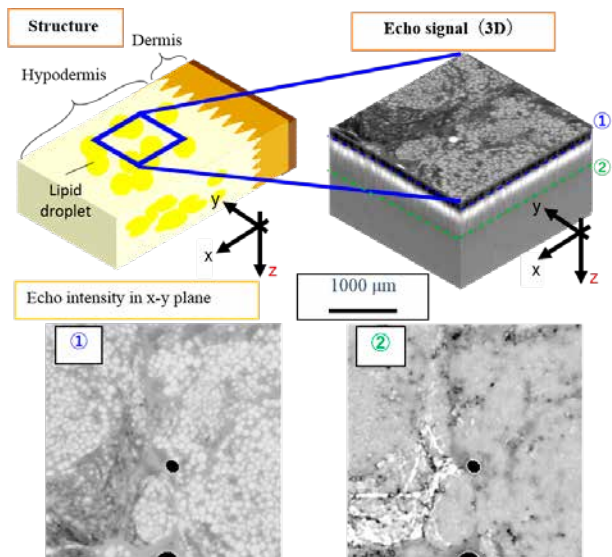
In ultrasonic measurement, the target/region parameters of the position, structure, and physical quantity can be obtained from the wave information of the propagated ultrasound. We study to establish the biological and diagnostic information from the obtained parameters. In current research projects, evaluation of a disease stage of diffuse liver disease using ultrasound B-mode images and bone assessment of calcaneus using ultrasound propagated in the heel are studied.

Quantitative diagnosis of liver fibrosis in diffuse liver disease

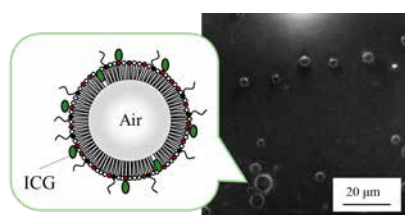
Diffuse liver disease is a disease in which inflammation, necrosis, and regeneration of hepatocytes are repeated due to alcoholic hepatitis, viral hepatitis, and hepatic steatosis. This disease then causes liver cirrhosis and hepatocellular carcinoma. In this research project, we investigate a method for quantitative evaluation of liver fibrosis from the contrast of ultrasonic B-mode images or the response to external vibration.

Non-contact bone assessment using airborne ultrasound

In ultrasonic bone assessment, the bone quantity is estimated based on the speed of sound or frequency characteristic of attenuation in the cancellous bone. In the typical devices, the both sides of heel are firmly held by ultrasonic transducers. Therefore, the estimation may not be possible depending on the size and shape of the heel. In this research project, we investigate a non-contact method for bone assessment using airborne ultrasound passed through the heel.



皮下組織の三次元構造
3D structure of hypodermis



ICGマイクロバブルの近赤外蛍光象
Near-infrared fluorescence image of ICG microbubbles

研究内容

ナノ・マイクロバブルを用いた超音波・近赤外蛍光デュアルイメージング

生体深部における微小脈管系を対象とした超音波・近赤外蛍光デュアルイメージング法を開発しています。高分解能な光イメージング（近赤外蛍光）と、生体深部の観察が可能な超音波イメージングを併用することで、体表近傍から深部に至るまでの脈管走行を可視化する手法の構築を目指しています。現在は、近赤外蛍光造影と超音波造影の両者で使用可能な造影剤の開発を実施し、特にリンパ系（リンパ管、リンパ節）を対象とした“近赤外蛍光ナノバブル”の開発を行っています。ナノバブルはリポソームをベースとしており、その内部に超音波に対して造影剤として機能する気体を含み、リン脂質膜に近赤外蛍光に対して造影剤として機能するインドシアニンググリーン（ICG）誘導体が担持されています。これまでの評価から造影剤として問題なく機能することを確認しています。

生体組織のミクロな音響物性評価

マイクロメートルの分解能をもつ超音波顕微鏡システムを使用して生体組織の物性解析（音速、減衰、音響インピーダンス）を行っています。特に生体組織のミクロな構造と音響物性を三次元で評価するための信号処理方法の開発に取り組んでいます。また、組織物性評価から得られる知見を超音波・近赤外蛍光デュアルイメージングの研究にフィードバックすることを想定し、医学系研究者と連携して体表近傍の組織物性のデータベース作りを試みています。ナノバブルの音響散乱信号は非常に微弱であるため、エコー信号の特徴を左右するミクロな組織物性を把握し、超音波・近赤外蛍光デュアルイメージングにおける信号の送受信条件の最適化や信号処理法の改善などを行っていく予定です。

Study Contents

Ultrasound and near infrared fluorescence dual imaging using nano- and microbubbles

Ultrasound and near infrared fluorescent dual imaging have been developed. By a combination of near infrared fluorescent with higher resolution and ultrasound with better penetration depth, we propose an imaging method for visualizing vessels near surface and in deeper tissue. We have developed the contrast agents which can work in both imaging methods, in particular, fluorescent nanobubbles for imaging of lymph system (lymph vessels and lymph nodes). Nanobubbles based on liposome have internal gas as ultrasound contrast agents and indocyanine green derivatives is supported to the lipid bilayer membrane. The ability of contrast agents was confirmed by using clinical equipment.

Microscopic analysis of acoustic property of tissue

By using a scanning acoustic microscopy, we analyze 3D distribution of acoustic properties of tissue, such as speed of sound, attenuation and specific acoustic impedance in microscopic level. For the ultrasound and near infrared fluorescence dual imaging, we have collected the data of skin and subcutaneous tissue in collaboration with medical researcher, aiming to understand the properties relating to acoustic scattering of tissue. The knowledge gained from the data will enable us to optimize the setup in ultrasound and near infrared fluorescence dual imaging and help improve the signal processing.

Associate Professor

吉田 憲司

Kenji YOSHIDA

博士(工学) / Ph.D.

キーワード

造影超音波, 超音波・近赤外蛍光デュアルイメージング, 生体物性計測, 超音波の生体作用, ナノ・マイクロバブル

KEYWORD

Contrast enhanced ultrasound, ultrasound and near infrared fluorescence dual imaging, Measurement of acoustic property of tissue, Biological effect of ultrasound, nano- and microbubble

14





15

Associate Professor

ゴメスタメス ホセ

Jose GOMEZ-TAMES

博士(工学) / Ph.D.

キーワード 神経工学, 電気生理シミュレーション, 脳刺激, リハビリテーション

KEYWORD Neural engineering, Electrophysiological Simulation, Brain Stimulation, Rehabilitation

研究内容

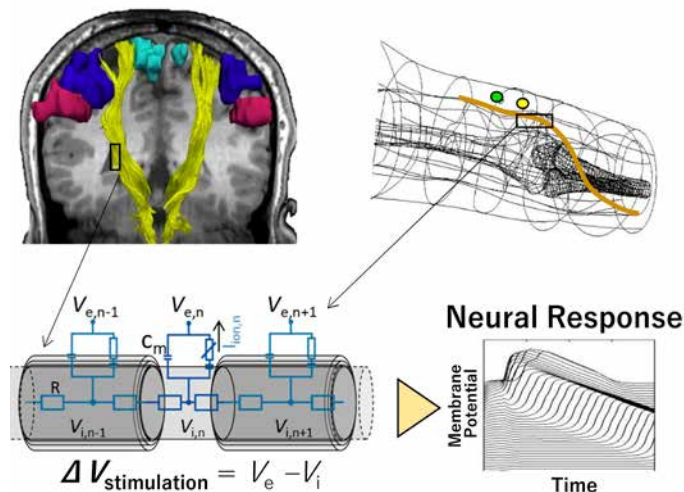
脳・神経システム工学

ニューロテクノロジーとは、電気・磁気信号を利用し、神経活動を刺激、監視、調節する一連の技術のことを指します。外部刺激による神経反応を理解し、効果的で精密かつ安全な最先端の技術を開発することを目標としています。これらを実現するために、神経科学や計算手法を融合させた学際的なアプローチを取り込んでいます。

具体的には、神経工学における神経調節において、生体電磁気学と神経発火の複合モデルによる診断や治療などの研究を行い、それを実験により検証しています。本研究室では、何を、どこで、どのように刺激するかを推定し、より精密な刺激方法を考えていきます。

これらの研究成果から、神経障害を持つ人々に恩恵を与え、認知能力や身体能力を向上させることを最終目的としています。

Multiscale Modelling



Study Contents

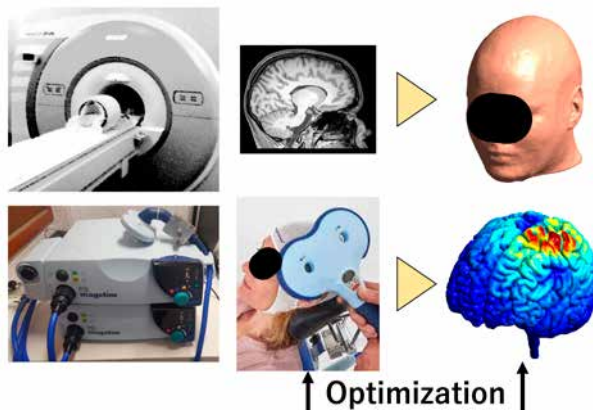
Neural Systems Engineering

Neurotechnologies are a set of techniques that utilize electric or magnetic signals to stimulate, monitor, or modulate neural activity. Our commitment is to advance our understanding of neural response to external stimuli and develop cutting-edge neurotechnologies that are effective, precise, and safe.

To achieve this goal, we adopt an interdisciplinary approach that brings together neural engineering, neuroscience, and computational methods.

Specifically, we develop biophysical models describing neurostimulation phenomena combined with experimental measurements to decode and shape neural activity, such as motor control and sensory perception. This helps us identify better ways to estimate what, where, and how to stimulate in a precise manner with the final goal to benefit people with neurological disorders and advance our understanding of the brain and nervous system.

Personalized Neurostimulation Estimator



診断が困難な難聴のメカニズムの解明とそれに基づく診断手法の開発

一般的な聴力検査(どれくらい小さい音が聞こえるかを調べる検査)では正常であると判断されるにもかかわらず、雑音下や複数の音が混じり合う中では音声の聴取が著しく困難になる症例が報告されています。このような症例は、診断する術がないことから、そのメカニズムの解明・診断手法の開発が臨床の場から求められてきました。そのニーズに応えるべく、私の研究では、心理計測、非侵襲的な生体機能計測、コンピュータ・シミュレーションなどの手法を駆使してメカニズムの解明を目指しています。これまでに、雑音下での聴取が苦手な人は、耳音響放射と呼ばれる内耳から生理的に放出される音響信号に特異的なパターンを示すことを明らかにするとともに、現象を説明するためのモデルを構築しました。このような基礎研究で得られた知見をもとに、これまで診断が困難であった聴覚障害の症例を診断するための手法を開発しています。

騒音性難聴のなりやすさの事前評価手法の開発

長期間にわたって強大な音に曝され続けると、内耳に障害が生じ、聴力やことばの聞き取り能力が徐々に低下していきます。こうした症状は、騒音性難聴と呼ばれています。騒音性難聴のなりやすさには個人差があることが知られていますが、そのメカニズムは分かかっていませんでした。私の研究では、そのメカニズムを解明することを目指し、強大音への暴露が聴覚機能に与える影響を、耳音響放射や脳波といった非侵襲的な生体計測技術を用いて詳細に評価しています。さらに、その知見にもとづき、騒音性難聴のリスクを事前に評価する手法の開発など臨床的な応用を図っています。

Study Contents

Elucidation of mechanisms of obscure auditory dysfunction

It has been known for many years that some listeners with normal hearing report difficulties in understanding speech in noisy environments. Currently, this syndrome cannot be diagnosed by conventional clinical test batteries and is called obscure auditory dysfunction. We have been trying to elucidate its mechanism using various techniques: non-invasive physiological measurements, psychological measurements, and computational simulations. Further, we have been developing auditory diagnostic tools based on knowledge and information obtained in the basic research on the mechanism of hearing disabilities.

Assessment of susceptibility to noise induced hearing loss

Excessive noise exposure can cause temporary hearing deterioration as well as permanent hearing damage to the cochlear, which is known as noise induced hearing loss (NIHL). It has been known for many years that the susceptibility to noise induced hearing loss varies substantially between individuals; individuals with 'tough' ears are more resistant to acoustic overexposure, whilst individuals with 'tender' ears are more vulnerable. We have been investigating the effect of excessive noise exposure on auditory function and evaluated its inter-individual variations using various non-invasive physiological measurements.



Assistant Professor

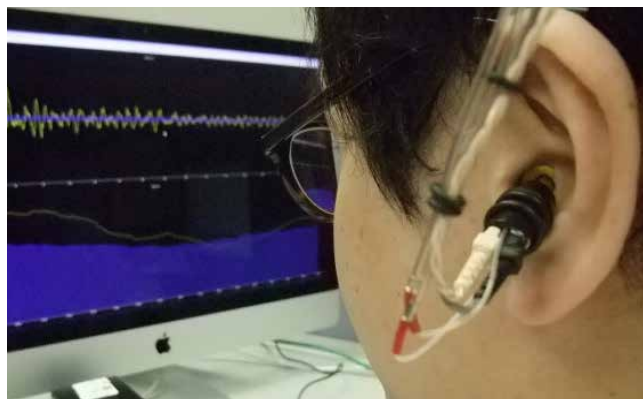
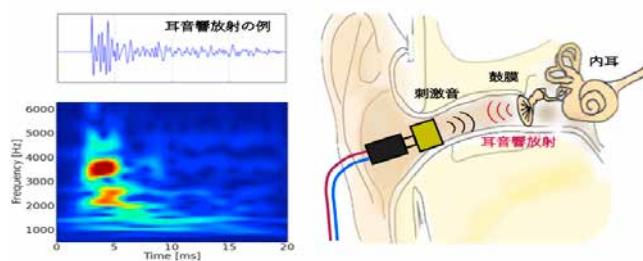
大塚 翔

Sho OTSUKA

博士(環境学) / Ph.D.

キーワード 感覚・知覚情報処理, 非侵襲脳・内耳機能計測, 認知神経科学, 内耳の振動シミュレーション

KEYWORD Sensory & perceptual information processing, Non-invasive brain and cochlear function measurement, cochlear modeling



内耳機能の非侵襲計測
Non-invasive Physiological Measurements of Inner-ear Functions



17

Assistant Professor

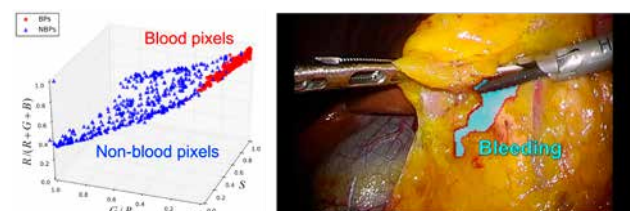
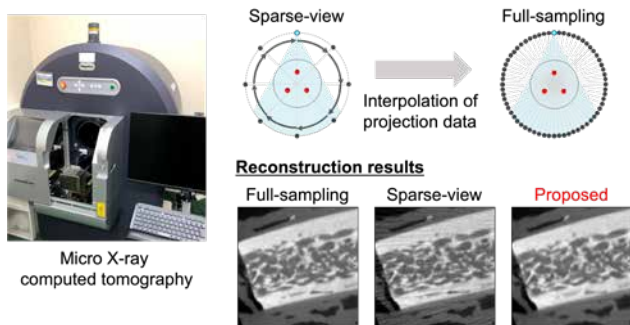
岡本 尚之

Takayuki OKAMOTO

博士(工学)/ Ph.D.

キーワード 医用画像処理, 画像再構成, マイクロCT, 機械学習・深層学習, コンピュータ支援診断

KEYWORD Medical image processing, image reconstruction, micro X-ray computed tomography (micro-CT), machine/deep learning, computer-aided diagnosis



研究内容

マイクロCTの画質改善, 画像再構成

マイクロCTとは、医療用のX線CT装置に比べて、大幅に空間分解能が向上したイメージング装置です。微小な対象物の内部構造を非破壊に観察できることから、これまでは主に産業用の非破壊検査装置として用いられてきました。近年では医療分野にも研究の幅が広がっており、特に病理標本や生体組織を対象とした立体構造解析が盛んに行われています。マイクロCTは、これまで観察が困難であった情報を医療にもたらす可能性があります。医療応用を想定した場合、低画質や膨大な撮影時間など多くの課題が残されています。私の研究では、画像処理による画質改善や画像再構成技術の開発により、マイクロCTの医療応用の促進を目的としています。ソフトウェア開発が主な研究となりますが、撮影対象に対する染色や造影方法も検討しており、ハード/ソフトの両面から課題解決に取り組み、社会実装を目指します。

医用画像処理

多様な医用画像に対する画像処理アルゴリズムの開発に取り組んでいます。具体的には、上記のマイクロCTに関する技術開発に加えて、医療用CT像のノイズ除去、OCT(光干渉断層撮影)断層像からの網膜構造抽出、腹腔鏡手術動画像からの出血検出など、機械学習・深層学習を応用した技術開発を幅広く行い、実用化に向けた取り組みを進めています。

Study Contents

Image quality improvement and image reconstruction for micro-CT

Micro X-ray computed tomography (micro-CT) is an imaging modality with significantly higher spatial resolution compared to medical CT. This modality enables nondestructively observing the internal structure of small objects and has been mainly used for nondestructive inspection in industrial fields. In recent years, the scope of micro-CT research has been expanded to the medical field, particularly in the analysis of the three-dimensional structure of pathological specimens and biological tissues. Although micro-CT has the potential to provide information to medical and research fields, many issues are still needed to be addressed for medical applications, such as low-quality images and longer scan time. My research aims to tackle these issues in order to accelerate medical applications of micro-CT by developing algorithms and reconstruction techniques for improving image quality. My research mainly focuses on software development, but we also investigate staining and contrast-enhanced methods. We aim to solve issues from both hardware and software improvement, with the goal of social implementation in the future.

Medical image processing

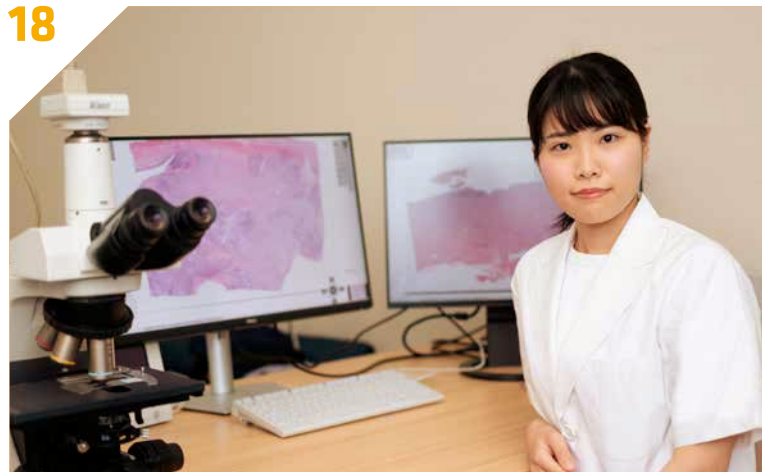
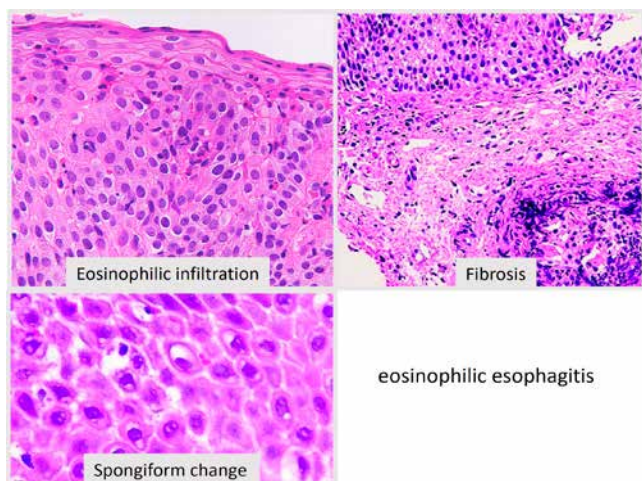
We are interested in developing image processing algorithms for medical images. More specifically, in addition to the micro-CT imaging technique described above, we have been developing various technologies using machine learning and deep learning for practical use such as noise reduction for medical CT, retinal layer extraction of OCT (optical coherence tomography) images, and bleeding detection of laparoscopic images.

Research on the Pathophysiology of Eosinophilic Esophagitis (EoE)

EoE is a disease that causes symptoms like chest tightness due to allergic reactions, and has been increased in recent years. Proton pump inhibitors (PPIs) are used as the first-line treatment, but about 30% of patients do not respond to PPIs, and the pathogenesis of this disease remains unclear. It is important to initiate appropriate treatment before esophageal fibrosis occurs, even in patients who do not respond to PPI, and clarification of the etiology of EoE and the mechanism of PPI responsiveness is strongly required. Therefore, we are working to elucidate the pathogenesis of EoE from histopathological analysis and molecular biological approaches.

Analysis of Histopathological Images Using Artificial Intelligence (AI)

Although pathological tissue imaging has become widely used with the advent of virtual slide scanners, the accumulation of knowledge in pathology is vast, and there is still no analytical method that can replace the diagnosis by pathologists. In addition, I am particularly interested in how AI analysis can contribute to histopathological diagnosis. First, I would like to participate in the project team for various histopathological image analyses in the Frontier Medical Engineering Center, and work on the development of AI histopathological diagnosis models that reflect the pathologists' thought process.



Assistant Professor

長野 菜穂子

Nahoko NAGANO

博士(医学) / Ph.D., M.D.

キーワード 人体病理学, 消化器病理, 細胞診断学

KEYWORD Diagnostic Pathology, Gastrointestinal Pathology, Cytologic Diagnosis

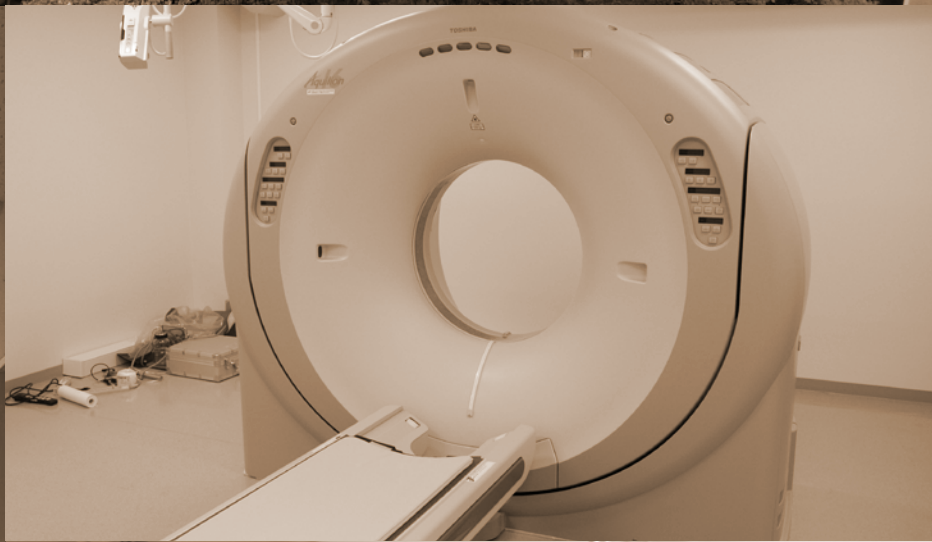
研究内容

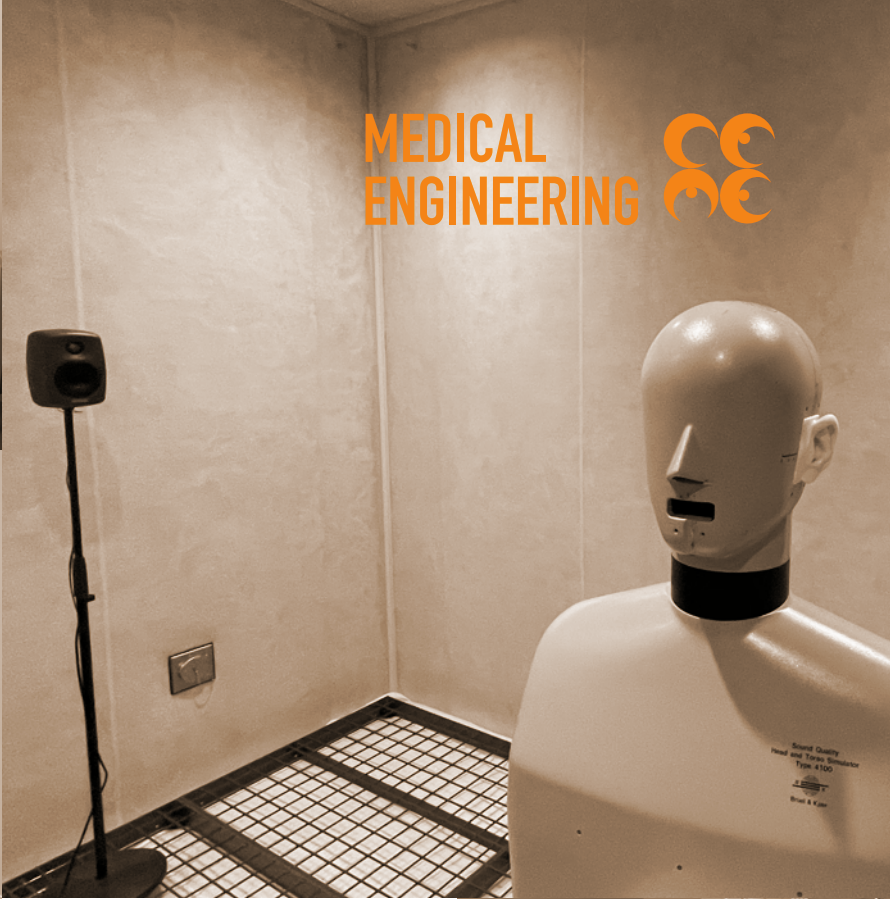
好酸球性食道炎 (EoE) の病態解明に関する研究

EoEは、食物などの抗原が原因となりアレルギー反応が生じることで、胸のつかえ感や胸やけ等の症状が出現する疾患で、近年増加傾向にあります。第一選択薬としてプロトンポンプ阻害薬 (PPI) が使用されますが、効果のない症例が3割程度存在するのが現状です。PPIの奏功と胃食道逆流の程度に関連はなく、その病態は不明のままです。PPIの奏功しない症例においても、不可逆性変化をきたす食道の線維化が生じる前に適切な治療を開始することが重要であり、EoEの発生要因やPPI反応性の機序の解明が強く求められています。そのため、病理組織学的な解析や分子生物学的なアプローチからその病態解明に取り組んでいます。

人工知能 (AI) を用いた病理組織画像解析

バーチャルスライドスキャナの登場により病理組織の画像解析が広く行われるようになってきましたが、病理学における知見の集積は膨大なものであり、限られた分野を見ても病理専門医による診断に取って代わるような解析法は未だ存在しないのが現状です。一方で、近年急速な発展を遂げているAI解析が、病理組織診断においてどのように貢献可能なのか、特に大きな関心を持っています。まずはフロンティア医工学センター内で行われている様々な病理組織画像解析のプロジェクトチームに参画し、病理専門医の思考経路を反映したAI病理組織診断モデルの開発に取り組むたいと考えています。



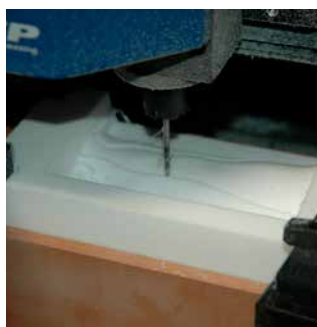


06 試作開発・基礎実験部

Prototyping and Preclinical Research Laboratory

試作・実験用設備

Facilities for prototyping and preclinical research

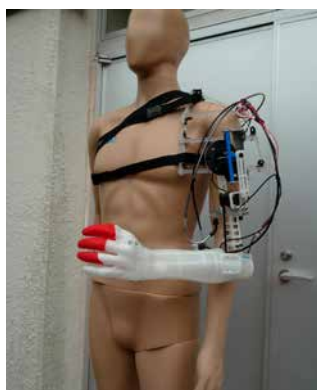


NC加工
NC machining



オープンMRI
Open MRI

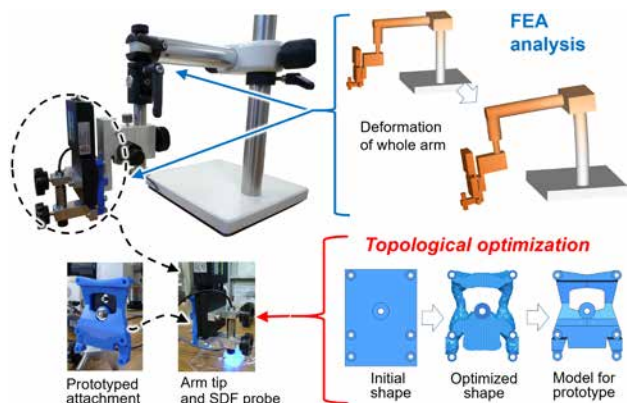
試作物 (ハードウェア) Prototype of hardware



5自由度肩義手
5 DOF Shoulder prosthesis



手術用剪刀
Surgical scissors



FEA及びトポロジー最適化を用いたSDF撮像用アーム型デバイス設計
Design of arm type device for SDF imaging by FEA and topological optimization

研究内容

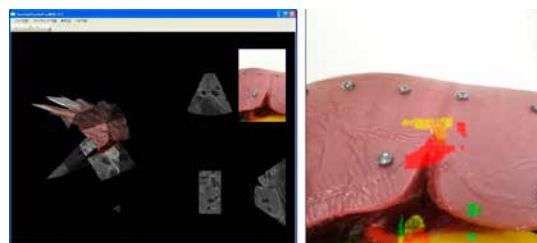
フロンティア医工学センターでの研究成果に基づいた新しい医療機器・システムなどの設計試作を行うとともに試作物の前臨床試験を行います。臨床における安全性や有用性のテストが不可欠であり、学内で設計試作から臨床応用までを行うことは、先端的研究成果を迅速に製品化する上で極めて重要かつ効率的であるといえます。

試作開発において、各種のNC工作機械やCAD/CAM等が導入されており、医療機器の設計から試作までを一貫して行うことが可能です。また、医用画像処理をはじめとする各種のソフトウェア開発も行います。

Study Contents

Our lab is in charge of design, prototyping and preclinical test of the new medical devices and systems based on the result of the research in CFME. Testing the effectiveness and clinical safety of such devices and systems are indispensable. It is extremely important and efficient to perform the process of the design, prototyping, and clinical application within CFME in order to promptly translate the results of advanced research into commercial products. It is possible to consistently perform from design to prototyping of medical devices by using NC machine tool and CAD/CAM software etc. in our laboratory. Moreover, we develop various software including medical image processing.

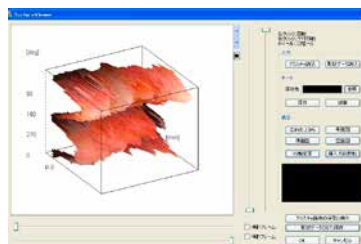
試作物 (ソフトウェア) Prototype of software



三次元超音波像と腹腔鏡画像の重畳提示
Display of laparoscopic image overlaying 3D US



タブレットデバイスを用いた腹腔鏡トレーニング
Laparoscopic surgery training application by tablet



単眼内視鏡からの三次元形状構築
Organ 3d shape built from laparoscopic image

研究内容

福祉・医療デバイスの設計開発に取り組んでいます。中でも肩義手の開発では、出力性能・可動領域・軽量性・柔軟安全性をバランスよく有する肩義手の設計開発手法の研究、及びその結果に基づいた実機の開発を幾何学及び力学的アプローチにより行っています。義手使用者の日常生活動作を計測し、その動作領域に対して義手を効率よく動作させるために、義手の各部品寸法をパラメータとして運動学・静動力学を計算し、上記の4性質を指標として総合的に評価することで、義手の最適構造(解)導出を行います。この設計手法は義手以外の医用機器にも適用できると考えます。

Study Contents

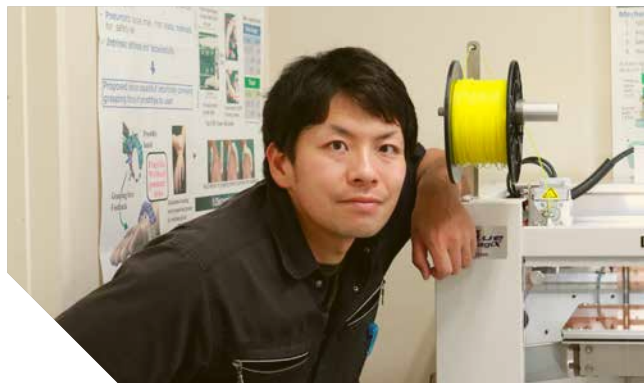
I am engaged in design and development of rehabilitation and medical devices. For example, in developing the shoulder prosthesis, design methods are studied to achieve well-balanced properties between the working range, output force, lightness and safety of the prosthesis by kinematic and dynamic approach. Then the prototype is developed based on the results. For the efficient motion of the prosthetic arm in the range defined by measuring activities of daily living, kinematic, static and dynamic analysis are performed. Furthermore, the mechanism of the prosthesis is optimized by using the above properties as evaluation indexes. This design method can be applied to other devices other than the prosthesis.

研究内容

ソフトウェア開発を主として、WEB開発やサーバー構築なども行います。ソフトウェア開発ではデスクトップPCで動作する手術支援システムやタブレットを利用しエンターテインメント性を付加した術具トレーニングアプリケーション、マイコンおよびセンサ系によるデータ取得システム等の開発を行っています。研究においては画像処理を専門とし、術中にリアルタイムで内視鏡画像と超音波画像の統合を行い術者に提示するシステムの構築などを行いました。近年は機械学習による疾患のステージ判別なども行っています。

Study Contents

Our main task is software development as well as WEB site development and server management. For example, in software development, we have been developing a surgical support system that operates on a desktop PC, a surgical tool training application with tablet, and a data acquisition system with microcomputer and sensor system, etc. In the research, we specialize in image processing. In the past, we developed ultrasonic image overlapped on laparoscopic image in real time. Recently, our ongoing research topic deals with stage discrimination of diseases with deep learning.



Senior
Technical
Specialist

関根 雅

Masashi SEKINE

博士(工学) / Ph.D.

キーワード 機械設計, ロボティクス, ソフトロボット, 計測システム開発, 設計工学, ラビッドプロトタイピング

KEYWORD Mechanical design, Robotics, Soft robot, Measuring system development, Design engineering, Rapid prototyping



Technical
Specialist

前佛 聡樹

Satoki ZENBUTSU

博士(工学) / Ph.D.

キーワード ソフトウェア開発, WEB開発, サーバー・ネットワーク, 内視鏡・超音波画像処理

KEYWORD Software development, web design, server & network management, laparoscopic & ultrasonic image processing

アクセス / Access



① フロンティア医工学センター
A棟 1F: センター・コース事務室 B棟 2F: 折田
A棟 2F: 中口 B棟 3F: 吉田
A棟 3F: 平田
A棟 4F: 羽石・山口・岡本・長野
A棟 5F: 林

② 自然科学系総合研究棟2
7F: 中川・菅・高橋・野村・大塚

③ 自然科学系総合研究棟1
2F: 齊藤
5F: 兪・ゴメスタメス・川村

④ 工学部16号棟
4F: 医工学コース実験室

⑤ 工学部管理棟
1F: 学務窓口

⑥ 工学系総合研究棟1

⑦ 事務局

⑧ 留学生課ISD

⑨ 附属図書館 / アカデミック・リンク・センター

⑩ 学生支援プラザ

① Center for Frontier

A 1F: Office for Center, course
A 2F: NAKAGUCHI
B 2F: ORITA
A 3F: HIRATA
B 3F: YOSHIDA
A 4F: HANEISHI・YAMAGUCHI・OKAMOTO・NAGANO
A 5F: HAYASHI

② Science and Technology Bld. 2

7F: NAKAGAWA・SUGA・TAKAHASHI・NOMURA
・OTSUKA

③ Science and Technology Bld. 1

2F: SAITO
5F: YU・GOMEZ-TAMES・KAWAMURA

④ Faculty of Engineering Bld. T16

4F: Medical Laboratory

⑤ Engineering Administration Center

1F: Affairs

⑥ Engineering Research Bld. 1

⑦ Administration Bureau

⑧ International Student Division

⑨ University Library / Academic Link Center

⑩ Student Support Division

CHIBA UNIVERSITY

フロンティア医工学センター
Center for Frontier Medical Engineering
TEL 043-290-3114 / www.cfme.chiba-u.jp

工学部 総合工学科 医工学コース
Department of Medical Engineering, Faculty of Engineering
大学院融合理工学府 基幹工学専攻 医工学コース
Department of Medical Engineering, Graduate School of Science and Engineering
TEL 043-290-3178 / www.tms.chiba-u.jp

〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33
1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba, 263-8522 JAPAN

April 2024

Copyright (C) Chiba University. All Rights Reserved.

